مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

أصل العلوم
ما قبل التاريخ - 850 ق.م.



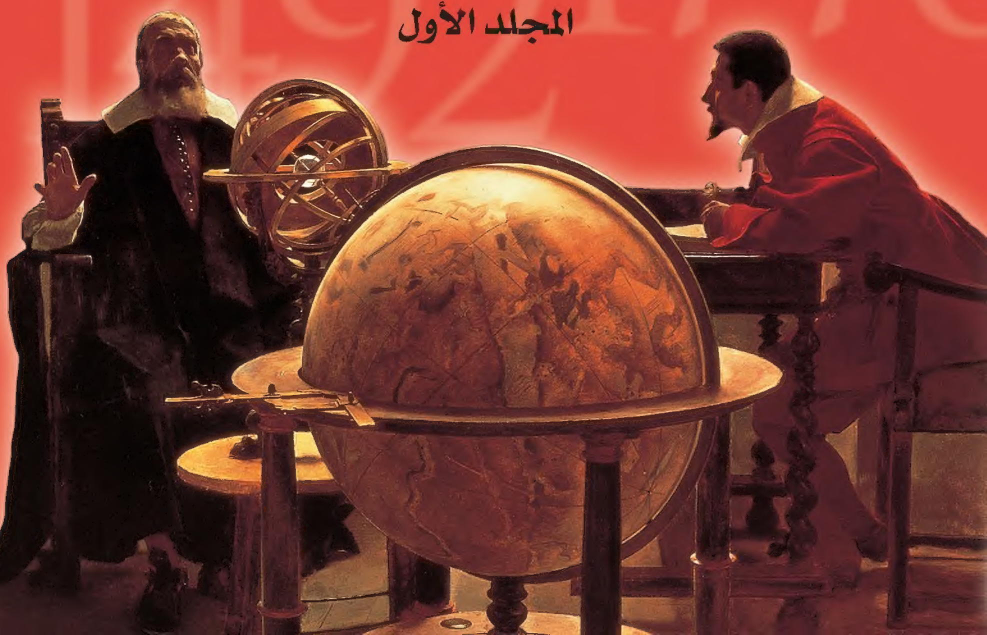
المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا



تأليف: جون كلارك وآخرون

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المجلد الأول



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا

المجلد الأول

أصل العلوم

ما قبل التاريخ - 850 ق. م.

تأليف: جون كلارك
مع
مايكل ألابي و إيمي جان بيير

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المُراجع العلمي: د. أمل العازمي

الطبعة الأولى: الكويت - 2015

فهرسة
مكتبة الكويت الوطنية أثناء النشر

509 كلارك، جون.

الجداول الزمنية لتاريخ العلوم: timeline of science and technology/

جون كلارك، مايكل آلابي، إيمي جان بيير؛ ترجمة مصطفى معرفي. - ط 1 . - الكويت: مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 2015

10 مج. ؛ 24 سم.

1- العلوم - تاريخ

أ. العنوان

ب. آلابي، مايكل (مؤلف مشارك)

ج. بيير، إيمي جان (مترجم)

د. معرفي، مصطفى (مترجم)

هـ. مؤسسة الكويت للتقدم العلمي (ناشر)

ردمك: 978-99966-33-68-3

رقم الإيداع: 459 / 2015

بسم الله الرحمن الرحيم



صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت



سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي العهد

Published by Grolier
an imprint of Scholastic Library Publishing,
Old Sherman Turnpike
Danbury, Connecticut 06816

Set ISBN 978-0-7172-6101-7
Volume 1 ISBN 978-0-7172-6102-4

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Timelines of science and technology
p. cm.
Includes bibliographical references and index
Contents: v. 1. Origins of science — v. 2. Classical and early medieval science — v. 3. Late medieval and Renaissance science — v. 4. The Scientific Revolution — v. 5. The Industrial Revolution — v. 6. The Age of Steam — v. 7. The Age of Electricity — v. 8. The Atomic Age — v. 9. The Space Age — v. 10. The modern world.
ISBN 978-0-7172-6101-7 (set : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6102-4 (v. 1 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6103-1 (v. 2 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6104-8 (v. 3 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6105-5 (v. 4 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6106-2 (v. 5 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6107-9 (v. 6 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6108-6 (v. 7 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6109-3 (v. 8 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6110-9 (v. 9 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6111-6 (v. 10 : alk paper)
1. Science-History. 2. Discoveries in science.
3. Technology-History. I. Grolier (Firm)

Q125.T587 2006
509—dc22 2005050387

For information address the publisher:
Grolier, Sherman Turnpike,
Danbury, Connecticut 06816

Printed and bound in Singapore.

FOR THE BROWN REFERENCE GROUP

Consultant: Erin Dolan, Virginia Polytechnic and State University, U.S.A.

Project Editor: Graham Bateman
Editor: Virginia Carter
Designer: Steve McCurdy
Research: Geoff Roberts
Production: Alastair Gourlay, Maggie Copeland
Editorial Director: Lindsey Lowe

PICTURE CREDITS
(t = top, b = bottom, c = center, l = left, r = right)

Cover: *Space Shuttle*, NASA Headquarters - Greatest Images of NASA; *19th-Century Steam Train*, Science Photo Library; *Galileo*, AKG-London

15 Peter Johnson/Corbis; **16** Werner Forman/Corbis; **20b** Ric Ergenbright/Corbis; **21b** Bettmann/Corbis; **22–23** Bettmann/Corbis; **25** The British Museum/TopFoto; **26b** Science Museum; **27c** Carmen Redondo/Corbis; **28** The British Museum/TopFoto; **29** The British Museum/TopFoto; **30t** Science Museum; **30b** Science Museum; **31t** Science Museum; **31b** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **32t** Charles & Josette Lenars/Corbis; **34** Silvio Fiore/TopFoto; **35** TopFoto; **36–37** Thomas Milton/The British Library/ TopFoto; **38–39** TopFoto; **39t** TopFoto; **40** Richard T. Nowitz/Corbis; **41** Asian Art & Archeology, Inc./Corbis; **42t** Tony Craddock/Science Photo Library; **43t** TopFoto; **43b** The British Library/TopFoto; **44t** The British Museum/TopFoto; **44–45** Sandro Vannini/Corbis

حول هذه المجموعة
ABOUT THIS SET

المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا مجموعة تتكون من عشرة مجلدات توفر تسلسلاً زمنياً للاختراقات العلمية والتكنولوجية الأهم في العالم، بما في ذلك التطورات الرئيسة في علم الرياضيات وعلم الفلك والفيزياء والكيمياء والعلوم الحيوية والطب والهندسة وارتياد الفضاء وكذلك التكنولوجيا من عصور ما قبل التاريخ إلى يومنا الحاضر. يبرز كل مجلد فترة زمنية محددة من التاريخ البشري مسلطاً الضوء على أهم الإنجازات في كل حقلٍ من حقول العلوم والتكنولوجيا.

بين الاكتشاف والابتكار

هذه المجموعة تُعنى بتاريخ الاكتشافات والابتكارات. لكن، ما المقصود بالاكتشاف، وما الفرق بينه وبين الابتكار؟ بشكلٍ أساسي يُعرف الابتكار بأنه استحداث بشري لشيء جديد مفيد أو لعملية جديدة مفيدة ناتجة عن العقل الإنساني بشكلٍ كامل. ولذلك قد لا يبدو الابتكار واضحاً لجميع المتخصصين والمهرة في مجالٍ ما. وقد يكون مناسباً تلخيص عملية الابتكار بالجملة المعهودة «أود لو أنني فكرتُ بذلك». وفي الغالب ينتج الابتكار عن حاجة محددة. من هذا المنظور يختلف الابتكار عن الاكتشاف. فالاكتشافات موجودة دائماً وتنتظر من يأتي ليميط اللثام عنها. مثلاً، فإن توصل الإنسان إلى معرفة الألمنيوم ووجود مجرة المرأة المسلسلة وبكتيريا الجمرة الخبيثة (الأنثراكس) يدخل ضمن الاكتشافات. لكن آلة البخار ومفتاح الأمان والديناميت كلها ابتكارات.

يعطي *المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا* تفاصيل آلاف الاكتشافات والابتكارات وتواريخ حدوثها، وكذلك أسماء المكتشفين والمخترعين لهذه الاكتشافات والابتكارات. وفي الغالب نعرف التاريخ الفعلي لظهور اكتشاف أو ابتكار ما، لكننا في أحيان أخرى لا نعرف غير تاريخ الإعلان عن أي منهما أو تاريخ تسجيل براءة الاختراع. وفي بعض الأحيان، وبسبب السرية لأسباب تجارية أو عسكرية، نجهل وجود الابتكارات حتى تظهر علينا في المحال التجارية أو في ساحات المعارك. مع الاكتشافات الأقدم، علينا أن نعتمد على الأدلة الظرفية الأثرية (الآركيولوجية)، ولهذا السبب تظهر تواريخ الأحداث القديمة كلها في هذه المجموعة بشكلٍ تقريبي، مثلاً حوالي عام 3000 ق.م.، وقد وضعت بهذه الصورة في إطار تاريخي عام وليس على نحو محدد تاريخيا. كما أن تحديد تاريخ «واحد» لأي اكتشاف أو ابتكار قد يهضم حق آخرين عملوا باستقلالية عن غيرهم، ودون معرفة بما يطوره غيرهم، ممن يمكن اعتبارهم رواداً أيضا – وبخاصة في وقت لم تكن وسائل الاتصالات والنشر متطورة مثل أيامنا حاليا. ومن هنا نحاول الاعتراف بهذه الحقيقة، ولذلك قد يدون اختراع معين بتواريخ عدة ولمبتكرين عديدين. بالإضافة إلى ذلك تمت إعادة اكتشاف وإعادة ابتكار أشياء عدة خلال التاريخ البشري، مثل ابتكار أحرف الطباعة المحمولة وصواريخ البارود في الحروب، وضعت كلها في أماكنها اللائقة في المسار الزمني.

مع اقترابنا من العصر الحديث نجد أن ربط ابتكار أو اكتشاف ما مع شخص واحد يصبح أقل شيوعا. فالتطورات الجديدة نتاج جهد مضنٍ لمجموعاتٍ من الباحثين – بعض هذه الاكتشافات والابتكارات تبدو حتمية من خلال تمويل الصناعة للجهود المبذولة في بلوغها أهدافاً معينة. ولذلك قد يعود فضل اكتشافٍ ما إلى مجموعة من العلماء العاملين في الجامعات، كما قد ينال فضل ابتكار ما منظمة تجارية. في عالمنا المعاصر لا يمكن لفردٍ واحد إنجاز المهمة بأكملها بمفرده –يكفي أن نذكر أن النجاح في إنزال إنسان واحد على سطح القمر نتاج جهد وكالة الطيران والفضاء الأمريكية (ناسا) بأكملها.



◀ سطر الفنان والمبتكر الإيطالي ليوناردو دافنشي (1452-1519) صفحات متتالية ضمنها تساؤلاته مكتوبة «بطريقة عكسية» تتعلق بمدى كبير من الابتكارات العلمية والاكتشافات.



محتويات المجموعة
SET CONTENTS

المجلد الأول

أصـــل العلـــوم
ما قبل التاريخ – 850 ق. م.

كيفية استخدام المجموعة	8
مسار الزمن: ما قبل التاريخ - 6000 ق.م.	10
الإنسان الأول	12
صناعة النار	14
منشأ الحبوب والمحاصيل الأخرى	16
مسار الزمن: 6000 – 4000 ق.م.	18
تطور العجلة	20
استئناس الحيوانات	22
الكتابة والأعداد	24
مسار الزمن: 4000 – 2500 ق.م.	26
الزراعة والغذاء	28
الطب القديم	30
بناء الأهرامات	32
مسار الزمن: 2500 – 1500 ق.م.	34
القوارب الأولى	36
استخدام المعادن	38
مسار الزمن: 1500 – 850 ق.م.	40
التقاويم	42
الأوزان والأطوال	44
الشعوب الرئيسية 849 ق.م.	
معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)	
معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)	
قراءات إضافية ومواقع إنترنت	

المجلد الثاني

علوم العصر الكلاسيكي
وأوائل العصور الوسطى
849 ق.م. - 999 ميلادي

كيفية استخدام المجموعة	
مسار الزمن: 849 – 251 ق.م.	6
المعابد والقبور الإغريقية	8
أرسطو	10
الأهرامات الميزو- الأميركية (أمريكا الوسطى)	12
مسار الزمن: 250 - 51 ق.م.	14
أرخميدس	16
تكنولوجيا نهرغانجا الهندي	18
مسار الزمن: 50 ق.م. - 249 ميلادي	20
الطرق والقنوات المائية الرومانية	22
حضارة المايا	24
الراجمات القديمة	26
مسار الزمن: 250 – 524	28
العلوم الصينية	30
المداد والمد	32
مسار الزمن: 525 – 774	34
الطاقة المائية	36
العلوم العربية	38
مسار الزمن: 775 – 999	40
صناعة الورق واستخداماته	42
رحلات الفايكنج	44
الأعلام	
معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)	
معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)	
قراءات إضافية ومواقع إنترنت	

المجلد الثالث

علوم العصور الوسطى المتأخرة
وعصر النهضة
1624 - 1000

كيفية استخدام المجموعة	
مسار الزمن: 1000 – 1174	6
طاقة الرياح	8
تطورات في الرياضيات	10
مسار الزمن: 1175 – 1249	12
القصور والجسور	14
مسار الزمن: 1250 – 1324	16
البوصلة المغناطيسية	18
مسار الزمن: 1325 - 1424	20
ساعات الحائط والساعات اليدوية	22
الأسلحة النارية والبارود	24
مسار الزمن: 1425 – 1474	26
تطور الطباعة	28
مسار الزمن: 1475 - 1524	30
ليوناردو دافنشي	32
السفن الشراعية	34
مسار الزمن: 1525 – 1574	36
الرحلات والاستكشافات	38
كوبرنيكوس والكون شمسي المركز	40
مسار الزمن: 1575 – 1624	42
البطاطس والتبغ	44
الأعلام	
معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)	
معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)	
قراءات إضافية ومواقع إنترنت	

المجلد الرابع

عصر الثورة العلمية
1774 - 1625

كيفية استخدام المجموعة	
مسار الزمن: 1625 – 1644	6
غليليو غاليلي	8
مسار الزمن: 1645 – 1659	10
ساعة البندول	12
مسار الزمن: 1660 – 1674	14
البارومبتر والفراغ	16
مسار الزمن: 1675 – 1689	18
إسحق نيوتن	20
مسار الزمن: 1690 – 1704	22
المقاريب (التلسكوبات)	24
مسار الزمن: 1705 – 1719	26
طبيعة الضوء	28
مسار الزمن: 1720 – 1734	30
صهر الحديد	32
مسار الزمن: 1735 – 1749	34
الملاحة البحرية	36
مسار الزمن: 1750 – 1764	38
بنجامن فرانكلن	40
مسار الزمن: 1764 – 1774	42
الآلة البخارية	44
الأعلام	
معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)	
معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)	
قراءات إضافية ومواقع إنترنت	

المجلد الخامس

الثورة الصناعية
1839 - 1775

كيفية استخدام المجموعة	
مسار الزمن: 1775 – 1783	6
جيمس وات	8
مسار الزمن: 1784 – 1791	10
آلات النسيج	12
مسار الزمن: 1792 – 1799	14
الآلات الزراعية	16
مسار الزمن: 1800 – 1806	18
النقل عبر القنوات المائية	20
مسار الزمن: 1807 – 1813	22
بدايات السكك الحديدية	24
مسار الزمن: 1814 – 1819	26
البراهين الأحفورية	28
مسار الزمن: 1820 – 1825	30
ميلاد التصوير الضوئي (الفوتوغرافي)	32
مسار الزمن: 1826 – 1830	34
مايكل فارادي	36
مسار الزمن: 1831 – 1835	38
المسدس	40
مسار الزمن: 1836 – 1839	42
تشارلز داروين	44
الأعلام	
معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)	
معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)	
قراءات إضافية ومواقع إنترنت	

المجلد السادس

عصر البخار
1884 - 1840

كيفية استخدام المجموعة	
مسار الزمن: 1840 – 1844	6
السفن البخارية	8
مسار الزمن: 1845 – 1849	10
التوربين (العنفة) المائي	12
مسار الزمن: 1850 – 1854	14
المعرض العظيم	16
مسار الزمن: 1855 – 1859	18
مندل وعلم الجينات	20
مسار الزمن: 1860 – 1864	22
المبرقة (التليغراف) الكهربائية	24
مسار الزمن: 1865 – 1868	26
الغواصة	28
مسار الزمن: 1869 – 1872	30
الجدول الدوري (للعناصر)	32
مسار الزمن: 1873 – 1876	34
رسم خرائط القمر والمريخ	36
مسار الزمن: 1877 – 1880	38
الجراثيم والأمراض	40
مسار الزمن: 1881 – 1884	42
آلة (محرك) الاحتراق الداخلي	44
الأعلام	
معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)	
معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)	
قراءات إضافية ومواقع إنترنت	



◄ **الملاح الفضائي إدوين (بز) ألدرن (1930 -) يمشي على سطح القمر خلال مهمة سفينة ناسا الفضائية أبولو *11* عام 1969.**



المجلد السابع

عصر الكهرباء

1919 – 1885

كيفية استخدام المجموعة

مسار الزمن: 1885 – 1919	6
مصادر الكهرباء	8
مسار الزمن: 1889 – 1892	10
ابتكار المذياع (الراديو)	12
مسار الزمن: 1893 – 1896	14
الإلكترون المراوغ	16
مسار الزمن: 1897 1900	18
السيارات الأولى	20
مسار الزمن: 1901 – 1904	22
سفن الهواء	24
مسار الزمن: 1905 – 1907	26
الطائرة	28
مسار الزمن: 1908 1910	30
مخطط هيرتزبرنغ – رسل	32
مسار الزمن: 1911 – 1913	34
العقاقير المصنّعة	36
مسار الزمن: 1914 – 1916	38
قناة بنما	40
مسار الزمن: 1917 – 1919	42
الرشاش (البندقية المؤتمتة)	44

الأعلام

معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)

معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)

قراءات إضافية ومواقع إنترنت

المجلد الثامن

عصر الذرة

1949 – 1920

كيفية استخدام المجموعة

مسار الزمن: 1920 – 1922	6
الجسيمات تحت الذرية	8
مسار الزمن: 1923 – 1925	10
التلفاز (التلفزيون) الأول	12
مسار الزمن: 1926 – 1928	14
الصواريخ	16
مسار الزمن: 1929 1931	18
البنسلين والمضادات الحيوية	20
مسار الزمن: 1932 – 1934	22
الألياف الاصطناعية	24
مسار الزمن: 1935 – 1937	26
تطور الهليكوبتر (الحوامة، الطائرة العمودية)	28
مسار الزمن: 1938 – 1940	30
تطور الرادار	32
مسار الزمن: 1941 – 1943	34
فيرنر فون براون	36
مسار الزمن: 1944 – 1946	38
الانشطار النووي	40
مسار الزمن: 1947 1949	42
الحواسيب الأولى	44

الأعلام

معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)

معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)

قراءات إضافية ومواقع إنترنت

المجلد التاسع

عصر الفضاء

1979 – 1950

كيفية استخدام المجموعة

مسار الزمن: العلوم 1950 – 1954	6
مسار الزمن: التكنولوجيا 1950 – 1954	8
الحمض الديوكسي الريبو نووي (DNA)- الحلزون المزدوج	10
مسار الزمن: العلوم 1955 – 1959	12
مسار الزمن: التكنولوجيا 1955 – 1959	14
العناصر الكيميائية الجديدة	16
مسار الزمن: العلوم 1960 – 1964	18
مسار الزمن: التكنولوجيا 1960 – 1964	20
المقاريب الراديوية (التلسكوبات)	22
مسار الزمن: العلوم 1965 – 1969	24
مسار الزمن: التكنولوجيا 1965 – 1969	26
الليزر	28
مسار الزمن: العلوم 1970 – 1974	30
مسار الزمن: التكنولوجيا 1970 – 1974	32
مسابير الكواكب	34
أشباه الموصلات	36
مسار الزمن: العلوم 1975 – 1979	38
مسار الزمن: التكنولوجيا 1975 – 1979	40
برنامج أبولو (الفضائي)	42
أسرار القمر	44

الأعلام

معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)

معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)

قراءات إضافية ومواقع إنترنت

المجلد العاشر

العصر الحديث

1980 حتى الحاضر

كيفية استخدام المجموعة

مسار الزمن: العلوم 1980 – 1983	6
مسار الزمن: التكنولوجيا 1980 – 1983	8
الحواسيب الشخصية	10
مسار الزمن: العلوم 1984 1987	12
مسار الزمن: التكنولوجيا 1984 – 1987	14
المكوك الفضائي	16
مسار الزمن: العلوم 1988 – 1991	18
مسار الزمن: التكنولوجيا 1988 – 1991	20
الموصلات الفائقة	22
مسار الزمن: العلوم 1992 – 1995	24
مسار الزمن: التكنولوجيا 1992 – 1995	26
المقراب الفضائي هبل	28
مسار الزمن: العلوم 1996 – 1999	30
استنساخ الحيوانات	32
مسار الزمن: التكنولوجيا 1996 1999	34
ظاهرة البيت الزجاجي (الدفيئة) والاحترار العالمي	36
مسار الزمن: العلوم 2000 – الحاضر	38
مشروع الجينوم البشري	40
مسار الزمن: التكنولوجيا 2000 – الحاضر	42
الشبكة العنكبوتية العالمية (الويب)	44

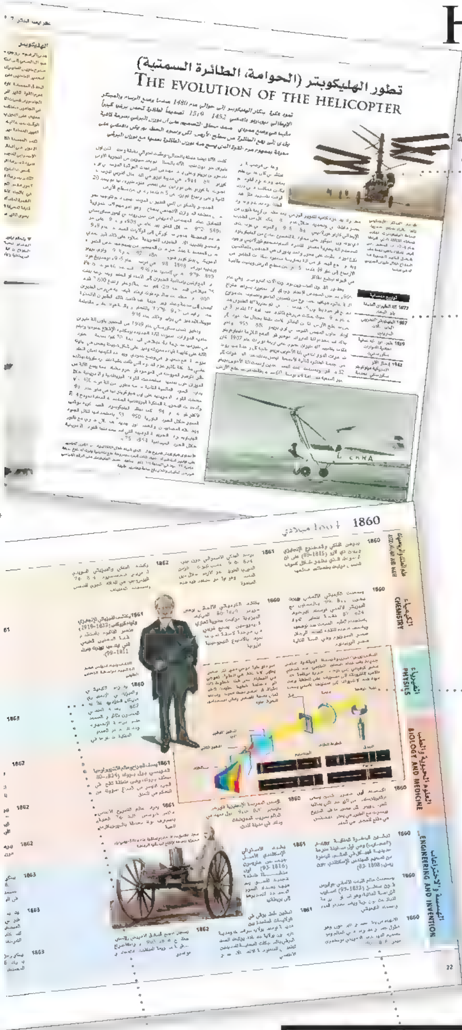
الأعلام

معجم المصطلحات (عربي/إنجليزي)

معجم المصطلحات (إنجليزي/عربي)

قراءات إضافية ومواقع إنترنت

كيفية استخدام المجموعة
HOW TO USE THIS SET



تُعيد الصور الضوئية الحديثة الحياة إلى النصوص

إطار التواريخ المفصلية يُبرز الإنجازات الرئيسة

الشروحات التخطيطية تُوضح المبادئ العلمية أو التكنولوجية

استخدام البُنط العريض المائل يشير إلى أن العَلَم موضوع مقالٍ تفصيلي خاص

مقالات المسار الزمني تجدول الابتكارات أو الاكتشافات سنة بسنة

يُغطي كلُّ مجلدٍ من مجلدات هـذه المجموعة فترة مفصلية من تاريخنا، نحن البشر وقد وضعنا هذه الفترات على الصفحتين 6-7 من المجلد الأول بالإضافة إلى المحتوى التفصيلي. يحتوي كلُّ مجلدٍ على ثلاثة أنواعٍ من المقالات. مقالات المسار الزمني التي تُعنى بجدولة الاكتشافات والابتكارات بحسب سنوات الفترة المعنية. وقد رتبت تفاصيل هذه المقالات على هيئة نطاقات مستعرضة ينتمي كل نطاقٍ منها إلى حقلٍ من حقول المعرفة، بحيث تتمكن من رؤية العلاقة بين مجالات المعرفة العلمية بنظرة سريعة. كما تظهر الخلفية التي كتبت معلومات كل نطاق عليها – مثل الفيزياء أو الكيمياء – بلون مميز. وبين مقالات المسار الزمني تتوزع المقالات الخاصة مفصلة لنقاط محددة جاء ذكرها في المسار الزمني. تُوفر هذه المقالات وبُعمقٍ تركيزاً على خلفية الاكتشافات ومعلوماتٍ حول من لهم علاقة بالموضوع وتشرح طرق استخدام واستفادة البشر من هذه الاكتشافات أو الابتكارات. وعلى سبيل المثال، نجد في المجلد الثامن (الصفحات 28 – 29) مقالاً بعنوان «تطور الهيليكوبتر (الحوّامة)»، وينبع من فقرة حول الحوامة من مقالة المسار الزمني للعام 1936 من صفحة 26. وتتضمن المقالات فقراتٍ موضوعة داخل إطار بهدف الاستزادة من المعرفة وتوفر معلوماتٍ إضافية وتشرح في الغالب بعض المبادئ العلمية ذات الصلة بالموضوع. وأخيراً يُقدم محور الأعلام في نهاية كل مجلد سيرة مفصلة للأعلام أو المجموعات البشرية التي ورد ذكرٌ لها في المسار الزمني أو المقالات الخاصة، وبذلك تظهر الصورة الكلية لإنجازاتهم. باستخدام الأنواع الثلاثة للمقالات يمكن بناء صورة كلية للظروف التي أدت إلى لحظة الاختراق في مسار تقدم معين.

تلعب الصور والأشكال، مع شرحها، دوراً رئيساً في هذه المجموعة. وتشمل صور مطبوعات قديمة وصوراً ضوئية حديثة وإعادة بناءٍ فني ومخططات توضيحية.

هناك عددٌ من المُعينات التي تساعدك في الإبحار خلال هذه المجموعة. أسماء الأعلام الواردة سيرهم في جزء الأعلام طبعت كلها بالبُنط الأسود الغامق، مثل **الفريد نوبل**. عاش بعض الأفراد وعمل خلال فترات يغطيها أكثر من مجلدٍ واحد، ولذلك يأتي ذكر بعض الأعلام في مراحل تاريخية مختلفة، ولهذا السبب فإن ظهور اسم علم ما بالبُنط الأسود الغامق في مجلد ما لا يعني بالضرورة عرض سيرته بين الأعلام في المجلد نفسه، ولتحديد سيرة شخص معين يُنصح بالرجوع إلى المسرد الذي يبدأ من الصفحة 53 من كلِّ مجلد. علاوة على ذلك طُبعت أسماء بعض الأعلام بالبُنط الأسود الغامق المائل، ***مايكل فراداي*** على سبيل المثال. تُشير هذه الطريقة في كتابة اسم العلم على أنه موضوع مقالة خاصة (في مثالنا المقالة بعنوان طبيعة الضوء على الصفحتين 28-29 من المجلد الرابع). ونُعيد، بأن الطريقة الصحيحة للبحث عن مكان الموضوع هي الاستعانة بالمسرد.

تجد في أعلى غالبية المقالات مراجع ذات صلة بموضوع المقالة.

يحتوي كلُّ مجلدٍ على مُعجم لبعض المصطلحات الواردة، ويُساعد المُعجم في فهم معنى بعض المصطلحات غير المألوفة للقارئ. كما يحتوي كل مجلد في نهايته على مراجع ومواقع على الشبكة العنكبوتية (الويب) يمكن للقارئ الاستعانة بها للاستزادة في المعرفة، وأخيراً، نشير إلى أن مسرد المجموعة يضم أسماء الأشخاص والموضوعات المهمة التي تغطيها المجموعة.

أصل العلوم

(ما قبل التاريخ – 850 ق.م.)

يعود تاريخ العلوم في القدم إلى تاريخ ظهور الإنسان نفسه على الأرض. مع تطور الإنسان، بدأ بجمع المعلومات حول الأشياء التي وجدها أمام ناظريه. استخدم البشر ذكاءهم الفطري في استغلال الموجودات من حولهم. شكلوا الحصى الصخرية الملساء وحولوها إلى أدوات، واستخدموا هذه الأدوات لتصنيع الأسلحة، علاوة على مصنوعات أخرى من العظام وقرون الوعول والخشب. بالإضافة إلى ذلك تعلم الإنسان كيفية إشعال النار واستخدامها.

جاء التطور الرئيس التالي عندما بدأ البشر زراعة النباتات. فبالاختيار الدقيق للحبوب الأكبر حجماً للأعشاب البرية، التي استخدمت بذوراً للزراعة، أنتج الإنسان سلالات من القمح ذات محصول أعلى. ونتيجة لذلك تمكنت بعض الشعوب من العيش في مجتمعات أكثر استقراراً، وذلك بحرث الأرض وزراعة الغلات المختلفة بدلاً من التجوال في الأرض لجمع النباتات البرية. استأنس الإنسان الحيوانات أيضا، وهدفت العملية في البداية لتوفير الطعام وكمصدر للحصول على الصوف والجلود، وتطورت في مرحلة لاحقة للاستعانة بالحيوانات في فلاحة الأرض.

بدأ التاريخ الموثق مع ابتكار الكتابة. فبدلاً من نقل القصص والأساطير شفاهة من جيل إلى آخر بدأ البشر كتابة وتسجيل تراثهم. كما تمكن الإنسان من تسجيل عدد رؤوس الحيوانات التي يمتلكها وكميات القمح المخزونة لديه. ولهذا الغرض طور الإنسان نظماً للأعداد وطرقاً للحساب. ولتتبع فصول السنة استحدث الإنسان التقاويم وربطها بمرور زمن أطوار القمر والتغيرات الأخرى التي رصدها للأجرام السماوية. مثل رصد النجوم والكواكب – علم الفلك– أول العلوم التي عكف الإنسان على دراستها، وكانت من نتائج الحسابات المعقدة اللازمة في هذه الدراسات تطور علم الرياضيات.



الفقرات الموصوعة داخل إطار تغطي موضوعات ذات أهمية خاصة

مراجع ذات صلة في متن المجلد نفسه أو مجلدات أخرى





اسم العَلَم المكتوب بالبُنط العريض يوجّه القارئ إلى مقالات الأعلام

توفير التعليقات الواضحة المصاحبة للرسومات أو الصور الضوئية

النطاقات الملونة تفصل بين حقول العلم والتكنولوجيا المختلفة

العلوم SCIENCE

11,000 ق.م. بحوالي هذا الزمن قام إنسان الصيد والجمع بزراعة نبات الجاودار وذلك في شمال سوريا وشرق حلب.

10,000 ق.م. قام الإنسان في بلاد الرافدين (العراق اليوم) باستئناس الكلاب ويحتمل أن الغرض في بادئ الأمر كان للغذاء ثم تطور الأمر إلى استخدامها كحيوانات أليفة وللتخلص من الفئران. وبعد قرون، عندما استأنس الإنسان الخراف والماعز، استخدمت الكلاب لحماية قطعان الأغنام من الذئاب.

9,000 ق.م. زراعة القمح أحادي الحبة في فلسطين، بينما كان الإنسان قبل ذلك يجمع البذور من النباتات البرية. ويوفر القمح أحادي الحبة حبوباً ذات حجم كبير. وبحوالي العام 6,000 ق.م. زرع القمح ثنائي الحبة (القمح النشوي) وذلك في مناطق تركيا الحالية.

8,000 ق.م. تستأنس شعوب شرق إفريقيا وبلاد الرافدين الخراف والماعز. توفر هذه الحيوانات الحليب والصوف إلى جانب اللحوم. كما أنها تنتج الشحوم الحيوانية التي استخدمتها هذه الشعوب لصنع شموع الأسل.

8,000 ق.م. زراعة اليقطين والسكواش في أمريكا الوسطى، ولعلهما كانا أولى الفواكه المزروعة. كان الإنسان الفطري يستخدم بعض أنواع اليقطين البري الجاف كأوعية وقدور لفترة طويلة.

8,000 ق.م. انقراض الماموث الصوفي (جينوس *ماموثوس*) بسبب التغير المناخي والصيد الجائر من قبل الإنسان للانتفاع به في غذائه. وقد عثر العلماء على ماموث صوفي كامل متجمد في الغابات المتجمدة في سيبيريا.



انقرض الماموث الصوفي، المكتشف بشكل رئيس في مناطق خطوط العرض الشمالية، حوالي عام 8000 ق.م.

8,000 ق.م. استزراع الشعير وحصاده لأول مرة بواسطة شعوب الهلال الخصيب في الشرق الأوسط.

7,500 ق.م. بدء شعوب أمريكا الجنوبية في منطقة بيرو بزراعة الفلفل.

التكنولوجيا TECHNOLOGY





صنع إنسان العصر الحجري الآلات بكشط حجر صوان بآخر، مستخدما احدهما (المطرقة) لتشكيل الآخر. فعلى سبيل المثال يتم تصنيع راس الفأس بتشكيل وجه واحد من بلورة صوان ومن ثم تشكيل الوجه الآخر. بعد ذلك يستخدم حجراً آخر أو قطعة من العظم لتنعيم الوجهين والتخلص من الرقائق المتناثرة مما يؤدي إلى الحصول على حواف قاطعة حادة. النتيجة (الصورة إلى اليسار) آلة دقيقة التصنيع أو سلاح حاد. الرقائق الصغيرة لم تهدر بل استخدمت الرقائق الناتجة لصنع رؤوس السهام أو بتثبيتها في قطعة خشبية أو من العظام لاستخدامها منجلا.

2,000,000 ق.م. صنع أسلاف الإنسان (*هومو هابيليس*) في إفريقيا آلات بسيطة من الحصى البلورية. وبعد مليون سنة بدأ الإنسان منتصب القامة (*هومو إريكتوس*) بتكشيط الصخور لتحويلها إلى أدوات حادة.

1,000,000 ق.م. استخدام أسلاف الإنسان (*هومو إريكتوس*) مطارق مصنوعة من قرون الوعول لتصنيع آلات القطع والثقب والتشكيل والطرق.

750,000 ق.م. اكتشاف أسلاف الإنسان (*هومو إريكتوس*) النار في فرنسا.

500,000 ق.م. استخدم أسلاف الإنسان (*إنسان سابينوس القديم*) في أوروبا الرماح الخشبية ذات الأنصال المقساة بالنار. اكتشفت ثلاثة رماح في ألمانيا تعود إلى ما قبل 400,000 سنة.

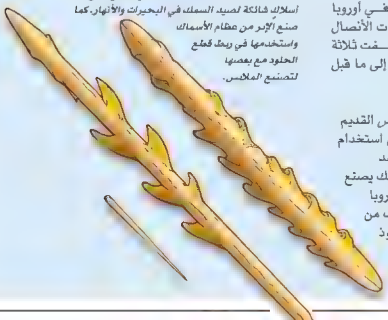
250,000 ق.م. توصل *إنسان سابينوس* القديم في إفريقيا وآسيا إلى استخدام الفؤوس الحجرية. وبعد 100,000 سنة من ذلك يصنع حرفيو الأدوات في أوروبا السكاكين بتثبيت صف من حجر الصوان المشحوذ في أخاديد محفورة على الخشب أو العظام.

80,000 ق.م. ظهور مصابيح الإنارة الحجرية التي تستخدم شحوم الحيوانات أو الزيت في الإضاءة في بلاد الرافدين وغرب أوروبا.

45,000 ق.م. تصنيع الرماح ذات الأنصال الحجرية في أوروبا، كما تصنع السكاكين من حجر الصوان في منطقة بلغاريا الحالية.

38,000 ق.م. تستخدم شعوب إفريقيا الصنارة لصيد الأسماك وتتكون من خطاف متصل بقصبة.

باستخدام العظام والقرون - من قرون الوعول بشكل رئيس- يمكن صنع أدواتٍ أكثر تعقيداً من تلك التي تشكل من الحجر. فقد استخدم الإنسان الأول السكاكين الصوانية لنحت رؤوس مدببة شائكة تربط بعصي لإنتاج رماح ذات أسلاك شائكة لصيد السمك في البحيرات والأنهار. كما صنع الإبر من عظام الأسماك واستخدمها في ربط قطع الجلود مع بعضها لتصنيع الملابس.



انظر أيضا الإنسان الأول 1: 12-13؛ منشأ الحبوب والمحاصيل الأخرى 1: 16-17؛ استئناس الحيوانات 1: 22-23؛ الزراعة والغذاء 1: 28-29

العلوم SCIENCE

7,000 ق.م. استئناس الخنازير في آسيا الصغرى (تركيا حاليا) للحصول على لحومها وجلودها واستخدام شعرها الصلب في تصنيع الفرش. بعد حوالي 2,000 سنه من ذلك تستأنس شعوب جنوب شرق آسيا الخنازير، وبصورة مستقلة.

6,500 ق.م. قيام شعوب بلاد الأناضول (تركيا حاليا) بزراعة القمح القاسي، وهو نوع من أنواع القمح غني بالجلوتين. وفيما بعد توصلت شعوب البحر المتوسط إلى طحن هذه الحبوب لإنتاج الطحين وصناعة الباستا.

6,500 ق.م. في حوالي هذا التاريخ بدأت شعوب أندونيسيا بزراعة الموز وجوز الهند واليام وفي الوقت نفسه بدأت زراعة قصب السكر في غينيا الجديدة المجاورة.

6,500 ق.م. زراعة الأرز في حوض دلتا نهر يانج تسي، بينما كانت الشعوب الهوابينهية في جنوب الصين تقوم بجمع الأرز البري لقرون قبل ذلك.

6,500 ق.م. استئناس الماشية في إفريقيا وآسيا. وخلال القرون اللاحقة تنتشر الظاهرة في أوروبا موفرة للإنسان اللحوم والألبان. كما أن جلود الماشية تستخدم في الدباغة، واستخدمت الماشية كدوابِ أحمالٍ في الأعمال الشاقة لاحقا.

6,500 ق.م. قيام شعوب إفريقيا والشرق الأوسط بتخمير القمح والشعير لصنع البيرة.

يرجع تاريخ مستعمرة كتال هيوك في بلاد الأناضول (تركيا) إلى حوالي 6000 سنة قبل الميلاد، وتتقاطع المنازل مسطحة الأسقف في صفوف متلاصقة ويتم الوصول إلى أسطحها عبر السلالم. قامت شعوب المستعمرة بزراعة المحاصيل وزيادة إنتاجها بالري. شمل غذاء هذه الشعوب لحوم حيوانات صيد عدة مثل الغزلان والسلاحف. ضمت النشاطات البشرية حياكة الملابس ونسج السلال؛ كما قام الحرفيون بدبغ الجلود وتشكيل الطين لإنتاج الأواني الفخارية. ويعود أقدم المنسوجات المكتشفة إلى هذه المستعمرة. وفي المناطق القريبة نفثت الحمم البركانية مادة معدنية زجاجية المظهر، تعرف بالسبج البركاني، استخدمها سكان المستعمرة لتصنيع السكاكين وبعض الأدوات الأخرى. كما أن السبج البركاني كان بضاعة مهمة في التبادل التجاري مع المناطق المجاورة. ويضم كل منزل محراباً للعبادة مزينا بالتماثيل وقرون وعظام الحيوانات. كما أن رؤوس الحيوانات مكسوة بالجص (الكلس) لتزيين المعبد. وكان الأموات يتركون في الخارج معرضين لعوامل الطقس قبل أن تدفن بقاياهم تحت أرضية المنازل.



لمنازل الطوب في مستعمرة كتال هيوك نوافذ قليلة، والبيوت متراصة في شوارع ضيقة



وجد التمثال (اليمين) في معبد أحد بيوت مستعمرة كتال هيوك وهو مصنوع من الفخار المشوي، ويعبر التمثال عن إلهة الخصوبة تجلس بين فهدين.

التكنولوجيا TECHNOLOGY

30,000 ق.م. استخدام عصا العد (مصنوعة في الغالب من عظام الحيوانات) في العمليات الحسابية في إفريقيا وأوروبا. تصنع الشعوب خرزات العد من قرون الوعول وعظام الحيوانات والعاج والأصداف البحرية.

25,000 ق.م. تصنع شعوب وسط أوروبا التماثيل السيراميكية وذلك بشي النماذج الطينية لها (لم يتوصلوا إلى صناعة الفخار).

20,000 ق.م. اختراع الآلة المرتجة (قوس خشبي معقوف يقذف بعيدا فيرتد) في شمال أوروبا، وذلك باستخدام ناب الماموث. واستخدام الأقواس والسهام الخشبية في إسبانيا والصحارى الإفريقية. كما أن شعوب جنوب أوروبا تستخدم الإبر المصنوعة من العظام في الحياكة.

20,000 ق.م. تنتج الشعوب الكرومانية في فرنسا الأنصال الحجرية المشكلة على هيئة أوراق الأشجار.

15,000 ق.م. استخدام الرماح ذات الأسلاك الشائكة لصيد الأسماك في إفريقيا، وبعد 2,000 سنة استخدمت التقانة نفسها في جنوب أوروبا.

13,000 ق.م. بحلول هذا الوقت تضيف شعوب عدة منصات إطلاق الرماح إلى عتادها العسكري ولمباريات الصيد البري والبحري.

11,000 ق.م. تصطاد شعوب البحر المتوسط السمك بواسطة الشباك.

11,000 ق.م. تصنيع أقدم أوانٍ فخارية معروفة في اليابان.

10,000 ق.م. بناء البيوت باستخدام الطوب المجفف تحت أشعة الشمس في فلسطين، كما تحيك شعوب المنطقة السلال.

8,500 ق.م. يصنع السكان الأصليون في أمريكا الشمالية نصال السهام من الحجر.

7,500 ق.م. ظهور الألواح الطينية لتسجيل الأحداث في بلاد الرافدين.

6,300 ق.م. يرجع تاريخ أول زورق شجري (زورق مصنوع بتجويف جذع شجرة) مكتشف إلى هذا العهد، وقد تم هذا الاكتشاف في هولندا.



EARLY HUMANS الإنسان الأول

بدأت قصة تطور الإنسان منذ ما يربو على خمسة ملايين سنة. وقد ظهر أول إنسان حقيقي قبل حوالي 2.4 مليون سنة في شرق إفريقيا. تعلم الإنسان كيفية صنع النار وتدريجيا أصبح ماهرا في تشكيل الآلات والأدوات التي استخدمها لإعانته على البقاء أساساً ومن ثم استخدمها للأغراض الاحتفالية.



▲ كانت القارة الإفريقية موطن شبه الإنسان، أوستر الوبثيكوس، منذ أكثر من 3 ملايين سنة خلت. وقد تغذى على جذور النباتات القابلة للأكل وعلى اللحوم التي كان يحصل عليها من جيف الحيوانات. ساعدت القامة المنتصبة لشبه الإنسان على امتلاكه القدرة على النظر عبر الأفق بحثاً عن الطرائد في الساحات المفتوحة المنبسطة.

تواريخ مفصلية

2,000,000 ق. م. *إنسان هابيلس* (الصانع) يصنع الأدوات.

1,400,000 ق. م. ظهور أقدم الأدوات الاخيلية المكتشفة.

1,000,000 ق. م. هومو *اريكتوس* (منتصب القامة) يستخدم مطارق مصنوعة من قرون الوعلان.

20,000 ق. م. تصنيع نصالٍ من الحجر على شكل أوراق الشجر في فرنسا.

8000 – 7000 ق. م. حفر صخري في أوروبا يمثل زورقا ذا إطار.

6300 ق. م. تصنيع زورق خشبي من شجر الصنوبر في هولندا.

5000 ق. م. حياكة السلال في مصر.

2700 ق. م. نسج الحرير في الصين.

1900 ق. م. تصنيع الزوارق باستخدام الألواح الخشبية في إنجلترا.

تمكن أسلاف الإنسان من تصنيع الأدوات منذ حوالي 2.3 مليون عام في الحبشة ومنذ حوالي 2.25 مليون عاما في الصين. وظهر *إنسان هابيلس* (الإنسان الصانع) في منطقة أولدوفاي غورج (أخدود اولدوفاي) في تنزانيا الحالية منذ ما يقرب من مليوني عام وكان يصنع السواطير عن طريق ضرب قطعة صخر بآخر. استخدمت السواطير للقطع أو النشر، كما استخدمت الأجزاء غير الحادة من الصخور لهشم الصخر أو العظام. وقد خلف *إنسان هابيلس* العديد من السواطير ذات أشكال وأحجام مختلفة تشكل في مجموعها ما يعرف بالصناعة الالودوانية.

عاش *إنسان هابيلس* في قارة إفريقيا فقط، بينما ظهر لاحقاً نوع آخر من البشر يعرف بـ *إنسان اريكتوس* (الإنسان منتصب القامة) والذي هاجر من إفريقيا وانتشر في آسيا وأوروبا. وقد عاش *إنسان اريكتوس* في الفترة ما قبل 1.85 مليون عام حتى 400,000 عام مضت وتمكن من صنع أدوات وآلات أكثُر تطورا من تلك التي صنعها أسلافه. لكن بقيت آليات التصنيع واحدة وتمثلت بطرق حجر بآخر. اكتشفت أولى الآلات التي صنعها *إنسان اريكتوس* في اولدوفاي غورج وتعود إلى حوالي 1.4 مليون سنة مضت. وتُعرف صناعات ذلك العصر بالصناعات الاخيولية. كان حجر الصوان هو الحجر المفضل *لإنسان إريكتوس*، بيد أن هذا الحجر لم يكن متوفراً في كل مكان، ولذلك لجأ الصناع الأخيليون إلى استخدام أحجار أخرى بما في ذلك حجر الكوارتز. ونشير إلى أن حجري الصوان والكوارتز نوعان من مادة السيليكا (الرمل)، ثاني أكسيد السيلكون (SiO_2).

وبدلاً من تشكيل الأدوات بطرق حجر بآخر توصل الصناع الأخيليون إلى تصنيع أدوات قطع لاستخدامها في تشكيل فؤوس وسواطير أكثر استقامة وأطول نصالاً من سابقتها. ومنذ ما يقارب مليون سنة اكتشفوا طرقا جديدة لصناعة الأدوات باستخدام مطارق مصنوعة من قرون الوعول. وقد وفر لهم هذا الاكتشاف وسائل لتصنيع أدوات أكثر دقة لاستخدامها في القطع والتثقيب والشحذ والطرق.

عاش إنسان نيندرثال (*هومو سابينس نيندرثالنسس*) في بقاع مختلفة من العالم شملت أوروبا وحوض البحر الأبيض المتوسط وأجزاء من الشرق الأوسط في الوقت الذي ظهر فيه الإنسان الحديث، حيث تعايش النوعان جنباً إلى جنب مع بعضهما. كان أول ظهور لإنسان نيندرثال منذ حوالي 100,000 سنة وانقرض منذ ما يقارب 30,000 سنة. وقد قام إنسان نيندرثال بتصنيع العديد من الأدوات الحجرية، بيد أن تقاناته البدائية فشلت في التطور.

أما الإنسان الحديث (*هومو سابينس*) فقد صنع أدوات أكثر كفاءة منذ 40,000 سنة. وقد أنتجت الصناعة البيروغوردية والأوروغينيشة 80 نوعاً مختلفاً من الأدوات الحجرية، وترجع تسمية الصناعتين إلى مناطق في فرنسا اكتشفت فيها هذه الأدوات. وأيضاً كان الناس في ذلك العصر يصنعون الأدوات باستخدام أنصال حجرية مثبتة في قرون الوعول والعظام التي شكلت ذراع الأداة. كما أن الشعوب الكرمانيونية (نسبة إلى كهف صخري بهذا الاسم جنوب فرنسا)، والتي عاشت منذ 35,000 سنة وحتى 10,000 سنة، فقد صنعت أدوات بالغة الدقة محفورة من العظام ويحتمل أنها كانت تستخدم في الاحتفالات والطقوس الدينية. من ضمن هذه الأدوات الإزميل ومثقاب الجلد وأدوات ذات أنصال استخدمت لتكشيط جلود الحيوانات بعد ذبحها. وقد شهدت الصناعة السوليترينية (العصر الحجري المتأخر) جنوبي غرب فرنسا منذ ما بين 21,000 سنة و17,000 سنة مضت إنتاج أنصال على هيئة أوراق شجر الصفصاف وأكاليل الغار.

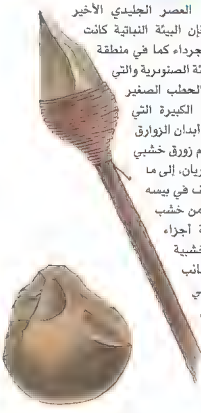
تمكن علماء الآثار من تتبع تطور الأدوات الحجرية نظراً لبقائها الأزلي، لكن الإنسان صنع أيضاً أدوات من مواد أخرى مثل الخشب والألياف النباتية والتي تتحلل وتتلاشى بعد فترة من التخلص منها. فقصبات السهام والرماح كانت كلها تصنع من الخشب وكذلك الأقواس التي تستخدم في إطلاق السهام. علاوة على ذلك استخدم الإنسان الثياب – تصور الجداريات القديمة على الكهوف أشكال اللباس الذي استخدمه الإنسان – ومن المحتمل أن أول لباسٍ تمكن الإنسان من



صنعه ثوب لامرأة مصنوع من ألياف تتدلى من الوسط. كما يحتمل توصل الإنسان منذ 20,000 سنة مضت إلى صنع لباسه بلف الألياف لتحويلها إلى خيوط وحبال. وفي ذلك الوقت كان الإنسان يحيك سيقان الأشجار المرنة لتصنيع السلال ومصائد الأسماك، كما استخدم الحبال الملفوفة في صناعة شباك الصيد. ويرجع تاريخ أقدم السلال المكتشفة إلى حوالي عام 5000 ق.م. وذلك في منطقة الفيوم بمصر. وقد صنعت هذه السلال باستخدام سعف النخيل والقصبات المنفلقة وبعض أنواع الألياف النباتية الأخرى. وبحلول عام 2700 ق. م . تقريبا نسج الصينيون الثياب الحريرية من أشرطة حرير دودة القز.

مثلت الأسماك جزءاً مهما من النظام الغذائي لغالبية التجمعات السكانية، كما أن الجميع احتاجوا إلى المياه العذبة للشرب وللطبخ وللغسيل ولمعالجة الألياف. وحيثما كانت الأنهار والجداول ضيقة وضحلة كان الصيادون يخوضون في مياهها لتثبيت مصائدهم ويستخدمون الرماح في صيد الأسماك. أما في المناطق ذات الأنهار والبحيرات الأعمق فقد دعت الحاجة إلى اختراع بدائل أخرى. وتشير صخرة محفورة اكتشفت في أوروبا ويعود تاريخها إلى مابين 9,000 و10,000 سنة خلت إلى ما يبدو أنه زورق كان يحمل الصيادين في تتبعهم لحيوان الرنة (نوع من الأيل) خلال سباحته عبر النهر. ويبدو الزورق كأن له إطار، وهو بذلك يشبه زورق الكايك (عند قبائل الاينوت) أو الكورو الإيرلندي أو القرقل الإنجليزي، وجميعها تتكون من إطار خشبي قوي مكسو بجلد حيوان.

منذ 10,000 سنة بدأ العصر الجليدي الأخير ينحسر في أوروبا، وبذلك فإن البيئة النباتية كانت اقرب إلى التندرة (السهول الجرداء كما في منطقة القطب الشمالي) منها إلى البيئة الصنوبرية والتي ظهرت في وقت لاحق. كان الحطب الصغير متوفراً بغزارة، أما الأشجار الكبيرة التي تصلح جذوعها للحفر لتصنيع أبدان الزوارق فكانت نادرة. ويعود تاريخ أقدم زورق خشبي مكتشف، وأطلق عليه مسمى آريان، إلى ما قبل 8,000 سنة والذي اكتشف في بيسه في هولندا وقد صنع الزورق من خشب الصنوبر. كما اكتشفت ثلاثة أجزاء من زورق مصنوع من ألواح خشبية في فيربي سلويس على الجانب الجنوبي من همبر استوري في شرق إنجلترا ويعود تاريخ صنع هذا الزورق إلى 2,900 سنه خلت.



◄ صنع الإنسان الأول الأدوات الأساسية من مثل نصال الرماح وأحجار القطع باستخدام حجر الصوان. وتمثلت أقدم أساليب التصنيع بضرب حجر بآخر.

MAKING FIRE صناعة النار

غيّر الحصول على النار وصناعتها أسلوب حياة الإنسان الأول؛ فالنار وفرت له الدفء وهيأت سبل الدفاع عن نفسه وسمحت له بالعيش في مناطق لم تكن مضيافة في السابق. كما أن طبخ الطعام مَكن الإنسان من مد لائحة نظامه الغذائي لينمو أقوى من ذي قبل. وبالجلوس حول النار للتدفئة تمكن الإنسان من تطوير مهارات التواصل وعزز لديه تطوره العقلي والاجتماعي.



▲ يحتمل ان يكون إنسان ما قبل التاريخ قد لجأ إلى إبقاء مخيمات النار مشتعلة بشكل متواصل ليل نهار، وعلاوة على توفير الدفء ووسيلة طبخ الطعام، وفر مخيم النار الحماية من الحيوانات.

كانت النار أساسية في نمو الحضارة. فالإنسان استخدم النار لطهي طعامه وتدفئة منزله وتهيئة الأرض للزراعة وصنع الأواني الفخارية وأخيراً صهر المعادن من خاماتها. ويعطي المؤرخون شرف أول استخدام للنار *لإنسان اريكتوس* (منتصب القامة) في حوالي سنة 750,000 ق.م. ويعتبر *إنسان اريكتوس* من أوائل الأجناس البشرية عاشت منذ مابين 1.85 مليون سنة و 400,000 سنة خلت منتشراً تدريجيا من إفريقيا إلى مناطق آسيا وأوروبا.

استرعى انتباه الإنسان اشتعال النار عندما يصيب البرق الأشجار والأعشاب الجافة، كما لاحظ التهاب المزروعات عند تساقط الحمم المصهورة والرماد البركاني الحار عليها. ومن المحتمل أن الإنسان اقتبس النار بداية من هذه الظواهر الطبيعية، ومن ثم أبقى مخيم النار مشتعلاً بشكل متواصل ليل نهار. ويحتمل أنه أبقى الفحم والفحم الصخري ملتهباً في المجامر، وفيما بعد استخدم المصابيح الزيتية أو الشموع لتظل مشتعلة على الدوام حتى لا يبقى دون مصدر للنار. فلقد كان من الأسهل إبقاء النار مشتعلة بدلاً من بدء نار جديدة.

وفي الحقيقة فإنه يصعب بدء إشعال نار، ولذلك اعتمدت جميع الوسائل القديمة على مبدأ الاحتكاك. فعندما يحتك سطحان ببعضهما ترتفع درجة حرارتهما. فالوسائل القديمة لبدء شعلة من النار اعتمدت على دعك قطعتين من الخشب بشكل متواصل حتى يصبحا حارين إلى نقطة يبدأ عندها الخشب بالاشتعال. وشملت التقنية استخدام العصي والمثاقب النارية. وتتكون العصا النارية من قصبة من الخشب الجاف ثلمة النهاية تلف بسرعة داخل تجويف خشبي أكبر من الطرف الثلم. ويمكن إدارة العصا بمسكها بين راحتي اليدين وتحريكها جيئة وذهاباً بسرعة – ومازالت هذه الطريقة البدائية مستعملة عند الشعوب الأصلية في إفريقيا وأستراليا- و يؤدي الاحتكاك المتواصل بين قطعتي الخشب إلى رفع درجة حرارتهما إلى نقطة الاشتعال، مما يشعل قطع الأعشاب الجافة سريعة الاشتعال الموضوعة في التجويف الخشبي. أما أسلوب إشعال النار بتمرير عصا جيئة وذهاباً في أخدود محفور على قطعة خشبية فهو تعديل على الأسلوب البدائي.

وكأسلوب بديل، يمكن استخدام قوس لإدارة عصا الاشتعال، وهو المبدأ الذي يعتمد عليه مثقاب النار. فبواسطة خيط يربط بين طرفي القوس وملفوف عدة لفات على العصا النارية تدار العصا داخل الحفرة الخشبية مع حركة القوس جيئة وذهابا.

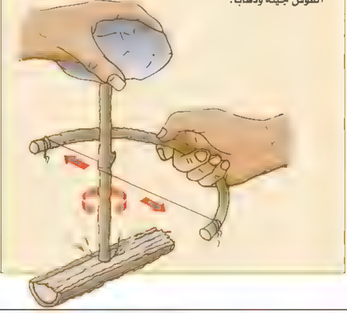
أنتج الإنسان الأول النار أيضا باستخدام الشرارات الناتجة عند ضرب قطعة من حجر الصوان بقطعة من معدن البايريت (كبريتيد الحديد – حجر النار). فعندما تسقط شرارة على مادة قابلة للاشتعال –مثل الأعشاب الجافة أو الريش أو نشارة الخشب الجافة– تبدأ النار. وبالنفخ الشديد عدة مرات على المادة سريعة الاشتعال يظهر اللهب منها. ويحتوى صندوق الإشعال – الذي كان يستخدم لأكثر من 2,000 سنة – على المكونات الأساسية للبدء بإشعال النار والتي تشمل حجر الصوان وقطعة معدنية من الحديد (لضرب الحجر بها) والمادة سريعة الاشتعال (غالبا أعشاب أو ريش جاف). كما أن بعض صناديق الإشعال اللاحقة ضمت مقابض شمعية «لاصطياد» اللهب الناتج.

ومن بين الوسائل الأخرى لإشعال النار ما يعزى إلى الإغريق الذين استخدموا العدسات والمرايا الكروية لتركيز أشعة الشمس في بؤرها- فكرة الزجاج الحارق. لكن الاختراق الأخير والفعلي في تصنيع النار جاء مع اختراع أعواد الثقاب، بيد أن هذا الابتكار لم يتم إلا بتطور علم الكيمياء في القرن التاسع عشر.

◄ يقوم بعض الناس حتى يومنا هذا باستخدام عصي النار للبدء بإشعالها. ففي الصورة رجل من قبيلة بوتسوانا في إفريقيا يستخدم أبسط الطرق، إذ يدير العصا جيئة وذهابا باستخدام راحتي كفيه. وفي الوقت الذي يدير فيه العصا يقوم بدفعها إلى الأسفل للحصول على أقصى درجة احتكاك ممكنة.

أداة صُنع النار

يحتمل أن يكون المثقاب من أولى اختراعات الإنسان. ويعتمد مبدأ عمل المثقاب على إدارة عصا خشبية مثلومة الطرف داخل تجويف خشبي جاف أملس السطح. وتدور العصا باتجاه ثم آخر مع حركة القوس جيئة وذهابا.



راجع ايضا الإنسان الأول **1** : 12 - 13، استخدام المعادن **1** : 38 - 39 ، طبيعة الضوء **4** : 28 – 29

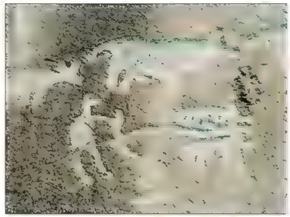


ORIGIN OF CEREALS AND OTHER CROPS

منشأ الحبوب والمحاصيل الأخرى



هناك ما يربو على 75,000 صنف من النباتات القابلة للأكل في العالم، لكن 60 % من غذاء العالم مصدره ثلاثة أنواع فقط: القمح والذرة والأرز.



▲ يعود تاريخ هذه الرسومات الصخرية المكتشفة في السويد إلى العصر البرونزي، حوالي 1800 ق.م. وتوضح الصورة ان زراعة النباتات وتربية الحيوانات ترسختا منذ أمد بعيد، واستخدمت الحيوانات المستأنسة لجر المحاريث.

تطور الإنسان كصائد وجامع. فأسلافنا اعتمدوا في غذائهم على جمع المواد النباتية البرية، لكن النباتات البرية تشكل اليوم نسبة ضئيلة مما نأكل. وتختلف النباتات المزروعة عن البرية بأن الأولى مرت بفترة من التطور السريع استجابة للاختيار الاصطناعي للإنسان نفسه. فالخصائص المفضلة لدينا – مثل كبر الحجم والطعم وغزارة الإنتاج – تختلف عن الخصائص التي يفضلها الانتخاب الطبيعي، وبذلك فإن غالبية المحاصيل المزروعة تعتمد كلياً في بقائها على الإنسان نفسه.

لعل الخطوات الأولى في الزراعة تضمنت وعياً بالحاجة إلى الاستدامة. فجامعو النباتات أدركوا أن الحفر وأكل النبات كاملاً يعني القضاء عليها بشكل نهائي. لكن، إن أبقوا على بعض النباتات أو انتظروا حتى تلقي ببذورها قبل حصادها، فإن بإمكانهم العودة مستقبلاً للحصول على المزيد منها.

ومن بين صعوبات الاعتماد على النباتات البرية للغذاء انتشارها على رقعة واسعة ووجود المفيد منها مختلطاً مع الأقل فائدة. ويبدو أن أولى محاولات الزراعة كانت في الشرق الأوسط قبل حوالي 10,000 إلى 11,000 سنة (9000 - 8000 ق.م.) وذلك في المنطقة المعروفة بالهلال الخصيب التي تمتد من دلتا النيل حتى السواحل الشمالية للبحر الأبيض المتوسط وعبر العراق وحتى الخليج العربي. فقد بدأ الناس ببذر حبوب الشعير البري والقمح البري، التي جمعوها قريباً من منازلهم بهدف توفير الحبوب للسنة التالية. كما أن هناك دلائل تشير إلى أن زراعة الأرز بدأت في الصين في حوالي عام 6500 ق.م.، أو بعد ذلك بقليل. وقد أدى التحول من حياة الجمع والالتقاط إلى الزراعة إلى هجر الإنسان أسلوب حياة الصيد والجمع لصالح حياة أكثر استقراراً وأكثر اطمئناناً بالمستقبل، وبذلك أضحت الحياة أكثر أماناً.

تواريخ مفصلية

حوالي 9000 – 8000 ق.م. زراعة القمح أحادي الحبة لأول مرة.

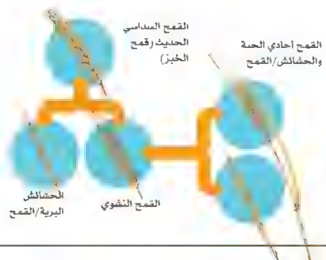
8000 ق.م. زراعة الشعير وحصاده لأول مرة في الشرق الأوسط.

6000 ق.م. تفضيل المزارعين للقمح النشوي.

5000 ق.م. زراعة الذرة لأول مرة في أمريكا الشمالية.

وفيما يتعلق بالقمح، فقد أدى التهجين الطبيعي إلى إنتاج نوع منه أحادي الحبة يتميز بثبات غير عادي. فبذور القمح البري الطبيعي هشة غير ملتصقة مما يجعلها تتناثر بسهولة. ومثل هذه الخاصية مفيدة للنبات البري إذ تساعد على انتشار الحبوب. لكن فيما يتعلق بالزراعة فالأمر على نقيض ذلك تماماً، فالحبوب المتبعثرة حبوب مفقودة، ولا يمكن حصاد إلا تلك الحبوب الملتصقة برأس السنبلة. من هذه الحبوب الملتصقة بالرأس فقط يمكن جني محاصيل السنوات اللاحقة. ومن هذا المنطلق قام الفلاحون باختيار الأصناف المستقرة من سنابل القمح وعززوا عملية الاستقرار التي بدأت بشكل طبيعي.

قبل حوالي 8,000 سنة ظهر في الهلال الخصيب، وبشكل طبيعي، نوع من القمح أحادي الحبة مهجن مع بعض أنواع الأعشاب البرية الأخرى. القمح أحادي الحبة قمح مضاعف تتكون خلاياه من زوج من سبعة كروموسومات (صبغيات). كان القمح الهجين في غالبه عقيماً، لكن بعض نباتاته كانت لها خاصية فريدة: احتوت على ضعفي عدد كروموسومات القمح أحادي الحبة، منتجة



◄ استغرق تطوير القمح الحديث آلاف السنين واستفاد من الطفرات الطبيعية والتهجين الاصطناعي على حد سواء؛ ويبين الشكل تسلسل الأحداث. لا يمكن أن يستمر بقاء القمح الحديث في البرية، فحبوبه ثقيلة وملتصقة مما يعوق انتشارها، ويحد من قدرتها على منافسة بقية المزروعات البرية.



بذلـك قمحـاً خصباً رباعـي الحبوب (أربع مجموعات من سـبعة كروموسـومات لكل منها)، يعرف هذا النوع حالياً بالقمح النشوي. يتميز القمح النشـوي بغناه بالجلوتين و هو مناسب لصنع الطحين الجيـد. وفي مرحلة لاحقة أدى تهجين طبيعي آخر إلى ظهور أنواع يسـهل فيها نخل الحبوب عن القشـور. ولأن النوع الجديد (يعرفُ بالقمح القاسـي) وفر حياة أيسر للمزارعين كانت له الأفضلية على بقية أنواع القمح. أما القمح الحديث والذي يستخدم لإنتاج غالبية أنواع الخبز، فقد ظهر من خلال عملية تهجين أخرى للقمح النشوي وبعـض النباتات البرية. ونتج عن ذلـك الحصول على قمح يحتوي ست مجموعات من سـبع كروموسومات (سداسي التضاعف) وهو قمح مرتفع القيمة الغذائية.

كان القمح في البداية غلة ذات كفاءة متدنية، إذ إن المزارعين كانوا يحصدون سـت سـنابل لكل سـنبلة يزرعونها. ومنذ حوالي 7,000 سنة مضت اكتشفت الشـعوب الأصلية للقارة الأمريكية أن حبـوب الذرة أكثر إنتاجيـة بكثير، فكل كوز مزروعة تنتج 45 كوزا. ومن المحتمل أن الإنتاج الضئيل للقمح مقارنة بالذرة دفع مزارعي العالم القديم إلى إيجاد وسائل لتطويع القمح وزراعته ليعطي إنتاجاً أفضـل. فذرة العالم الجديد كانت بطبيعتها غزيرة الإنتاج مما دفع المزارعيـن اعتبارها قوام حياة وليس مادة للربح، وبذلك لم يتوفر الدافع للبحث عن أنواع مهجنة جديدة منه.

كانت الحبوب من المحاصيل الأولى التي تمت زراعتها بشـكل منهجي، ومن المحتمل أن زراعة الشعير والقمح سبقت زراعة الأرز والذرة، ومن بعد ذلك جاءت زراعة المحاصيل الجذرية والبقوليات مثل البنجر والحبوب وذلك منذ حوالي 8,000 إلى 5,000 سنة.

في وقت لاحق ظهرت زراعة أشجار الفاكهة والخضروات الورقية وعلف الحيوانات. ومنذ 2,000 سـنة ظهـرت زراعة المحاصيل ذات الأغراض الخاصة مثل الأعشاب الطبية وأعشاب النكهة للطبخ، علاوة علـى ذلك زرعت بعـض النباتات لقيمتها التزيينية. وتسـتمر عمليات التهجين الزراعي حتى يومنا الحالي، وإن كان بوتيرة أقل، مثل نباتات الزينة والنباتات المبتكرة.

الحشائش والتنافس

لـم يكـن للحشـائش وجـود قبـل زراعـة المحـاصيـل. لكـن النباتـات المزروعة يصعب عليها منافسة الحشائش البرية. (رغم أن الحشائش البريـة أقـل إنتاجية لكنهـا أكثر قدرة على الاحتمـال، نظرا لانتخابها الطبيعـي عبـر أجيال متعددة). ويعمد المزارعون اليوم إلى القضاء أو الحد من المنافسـة بين الأنواع المختلفة من المزروعات والحشـائش البريـة وذلـك بإزالة الحشـائش المهددة للمحاصيل أو المنافسـة لها على الغذاء أو الماء.

▲ تخيل إيطاليا دون وجود الطماطم أو فلوريدا دون وجود البرتقال! ففي عصر المطبخ العالمي يصعب علينا تقدير أنه بنهاية العصر الجليدي الأخير لم تتواجد غالبية المحاصيل الزراعية إلا في مواطنها الأصلية المبينة على الخارطة.

العلوم SCIENCE

6000 ق.م. تزرع شعوب جنوب غربي آسيا الكتان للحصول على الألياف اللازمة لصنع الملابس.

6000 ق.م. يبدأ المزارعون في منطقة الهلال الخصيب في الشرق الأوسط بتفضيل زراعة القمح النشوي على القمح أحادي السنابل.

5500 ق.م زراعة العدس في الجزء الجنوبي الغربي من آسيا، وكذلك القمح (لصنع الخبز). أما في الهند الصينية الممتدة من بورما (ميانمار) وحتى فيتنام تصبح الحمضيات مثل البرتقال والليمون - محاصيل شائعة الزراعة.

5500 ق.م. استئناس الدواجن البرية في جنوبي شرق آسيا. ويعتبر طير الغابة الأحمر الهندي (استؤنس أول مرة حوالي عام 2500 ق.م.) السلف الأول لدجاج اليوم.

5200 ق.م. تصنع شعوب شمال إيران النبيذ من العنب البري الذي ينمو محليا. وتعتمد عملية التخمير على الخميرة الطبيعية المتكونة على الأزهار البيضاء للعنب الناضج.

5000 ق.م. يقوم المزارعون في شمال إفريقيا والحبشة بزراعة الأنواع المختلفة من الدُخن، ومن بينها دُخن الإصبع والدُخن المائي، كمحاصيل رئيسة. أما شعوب مناطق وسط الصين فتفضل دُخن ذيل الثعلب.

5000 ق.م. تبدأ شعوب المكسيك وأمريكا الوسطى بتهيئة واستصلاح الأراضي للزراعة وزراعة الأنواع الأولى من الذرة ومحاصيل أخرى. ونظرا لأن الذرة لا تنمو في البرية فيعتقد بأن طفرة وراثية حدثت بالصدفة أو قام المزارعون عمدا بتهجين أعشاب أخرى مع بعضها.

5000 ق.م. تبدأ شعوب الهند بزراعة النخيل.

5000 ق.م. يستخدم الإنسان في المستعمرات السكنية في الشرق الأوسط القطط لصيد الفئران والجرذان. لكن عملية الاستئناس الكلي للقطط لم تتم إلا عندما اعتبرها **المصريون** رموزاً مقدسة وذلك في حوالي عام 2400 ق.م.

التكنولوجيا TECHNOLOGY

يصنع الفخار من الطين الرطب الذي يشوى حتى يصبح صلباً وعازلاً للماء. استخدم أوائل صناع الفخار الأفران المفتوحة لشي الأواني (اليمين). وشملت عملية الشي رص قطع طينية على أرضية حفرة ضحلة ووضع الأواني الفخارية على هذه القطع، ومن ثم تعطى بالأغصان الصغيرة وأعواد القش المشتعلة، وبذلك تشوى الأواني ببطء ويمكن إخراجها عندما تخمد النار. لكن سيطرة صناع الفخار على العملية كانت أكبر باستخدامهم الأفران المغلقة (اليسار)، إذ أصبح بالإمكان أبقاء النار مشتعلة عند المدخل لأي مدى زمني لازم، بينما كانت الأواني تصف داخل الفرن حيث ترتفع درجة الحرارة حولها بانتظام. وتستخرج الأواني المشوية برفع الغطاء الجلدي للفرن وترك الفرن حتى يبرد.



6000 ق.م. استخدام الزلاجات الخشبية في شمال الدول الإسكندنافية لحمل المتاع والسفر على الجليد. وتشير الرسومات على جدران الكهوف أن هذه الشعوب بدأت باستخدام الزلاجات الخشبية الفردية البدائية بعد 1,000 سنة من ذلك.

6000 ق.م. بدأ الفلسطينيون استخدام الملاط (نوع من الطين) للصق الطوب المجفف بالشمس لأغراض البناء.

6000 ق.م. إنتاج الأواني الفخارية في منطقة آسيا الصغرى (تركيا اليوم). وبحدود هذا الزمن أيضا بدأت هذه الشعوب بحياكة الملابس وصنع الحبال.

6000 ق.م. يعود تاريخ أقدم الأواني الفخارية المكتشفة في أمريكا حتى الآن إلى هذا التاريخ، وهي من صناعة الشعوب التي قطنت منطقة سانتوري في حوض نهر الأمازون في البرازيل.

5500 ق.م. تشييد المباني باستخدام الطوب المجفف تحت أشعة الشمس في بلاد الأناضول (تركيا حاليا).

5200 ق.م. يبدأ قدماء **المصريين** عملية الزراعة المنهجية المستقرة، وذلك بعد وقت طويل من الشعوب الأخرى في منطقة الشرق الأوسط.

5000 ق.م. ازدهار القرى المستقرة في أمريكا الوسطى بعد تطور زراعة الذرة كمحصول.

5000 ق.م. استخدام فلكة المغزل (النول) في بلاد الرافدين (العراق حاليا) لغزل الصوف تأخذ الفلكة شكل ساق تقوم بتمشيط الصوف وتُسحب أليافه لتلف على النول.

5000 ق.م. اختراع الميزان العلاق في مصر.

انظر أيضا منشأ الحبوب والمحاصيل الأخرى 1: 16–17؛ استئناس الحيوانات 1: 22–23؛ القوارب الأولى 1: 36–37؛ التقاويم 1: 42–43

العلوم SCIENCE

5000 ق.م. زراعة الخوخ في الصين.

4500 ق.م. زراعة الأفوكادو والقطن في أمريكا الوسطى. يختلف هذا القطن عن النوع الذي زرع في الهند بعد ذلك. ونظرا للقيمة الغذائية العالية لثمرة الأفوكادو أطلق عليها أيضا مسمى إجاص الأفوكادو أو إجاص التمساح (لشكله - لكنه في الحقيقة ليس من عائلة الإجاص).

يعتبر استئناس الجياد من التطورات الرئيسة وقد استخدمت الجياد بداية كمصدر للطعام ومن ثم كدواب أحمال.



4236 ق.م. يبتكر قدماء **المصريين** تقويما يقسم العام إلى 365 يوما (12 شهراً مدة كل منها 30 يوماً بالإضافة إلى خمسة أيام عطل). يعتبر التقويم المصري أول تقويم دقيق حتى ابتكر السومريون تقويماً أدق عام 3000 ق.م.

4000 ق.م. استئناس الجياد في أوكرانيا. يتم تربية الجياد في البداية كمصدر للطعام وفي وقت لاحق استخدمت كدواب أحمالٍ: وتشير الدلائل إلى أن الجياد استخدمت للركوب حوالي هذا الوقت أيضا.

4000 ق.م. استئناس الجاموس النهري في بعض أجزاء الصين.

هذا المنشار المصري القديم المتقن الصنع شُكل من شريحة من الصوان.



التكنولوجيا TECHNOLOGY

5000 ق.م. صناعة المرايا باستخدام السبخ (الزجاج البركاني) في إيطاليا والشرق الأوسط، ويعتقد أن السبخ كان يجلب من جزيرة ملوس.

5000 ق.م. يشيد الفلاحون عند مصب نهر الفرات جنوبي بلاد الرافدين (العراق حالياً) البيوت بربط أعواد القصب مع بعضها. كما يبنون القوارب من القصب لعبور النهر.

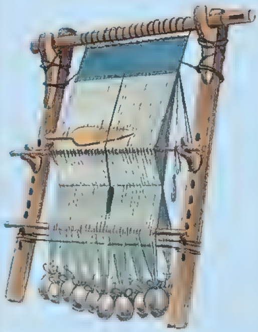
5000 ق.م. صهر النحاس من خاماته المستخرجة من الأرض في مصر. يستخدم الصناع النحاس في صناعة الأسلحة وأدواتٍ أخرى.

4400 ق.م. يقوم **المصريون** بحياكة الملابس باستخدام النول، وعادة ما تصنع الملابس من الكتان البري والذي ينمو على امتداد ضفاف نهر النيل (لم يستخدم المصريون الصوف).

4300 ق.م. قيام شعوب منطقة باريس في فرنسا ببناء الكانو (زورق طويل خفيف) باستخدام جذوع شجر البلوط. ويبلغ طول أطول كانو مكتشف حتى الآن 16 قدما (5 م تقريبا).

4000 ق.م. ظهور أقواس البناء المشيدة من الطوب في مصر وبلاد ما بين النهرين (العراق حاليا).

شكلت عملية تدوير الألياف وتحويلها إلى خيوط نسج ومن ثم حياكة النسيج إلى ملابس تقدماً تقنياً رئيساً، وشكل صوف الماعز والنعاج أول مصادر الألياف. أما في أمريكا الجنوبية فقد وفر حيوان اللاما (يشبه الجمل لكنه بدون سنام) وحيوان الألبكة (حيوان يشبه الجمل وناعم الصوف) الألياف الصوفية، وفي مرحلة لاحقة استخدمت الألياف النباتية مثل الكتان (لصناعة القماش) والقطن في العزل والنسج، وقد تطورت صناعة النسيج بمعدل سريع مع اختراع النول، والذي استخدمه قدماء المصريين بداية حوالي عام 4400 ق.م. وفي تركيبه الرئيس يتكون النول من إطار تصف عليه الخيوط بشكل مستقيم متواز بينما تمرر خيوط أخرى إلى الداخل والخارج عبر هذه المجموعة. وتشد الخيوط المتوازية بقوة باستخدام مجموعة من الأثقال - الجدير بالذكر أن أثقال النول من الآثار شائعة الاكتشاف



4000 ق.م. استخدام الصناع **المصريون** المنشار المصنوع من حجر الصوان لقطع الأخشاب والأحجار.

4000 ق.م. شيوع عملية تقطير العنب للحصول على الكحول من النبيذ للأغراض الطبية في منطقة الشرق الأدنى.

4000 ق.م. اختراع القفل (للأبواب) في بلاد الرافدين (العراق حاليا). كما أن قاطني المنطقة يلجمون الثيران لاستخدامها في الأعمال الشاقة.

4000 ق.م. يشيد **المصريون** هياكل المراكب بوصلِ الألواح الخشبية مع بعضها بدلاً من المراكب المصنوعة من القصب أو الكانو المتشكل بتجويف جذوع الأشجار. وتوفر التقانة الجديدة القدرة على تصنيع مراكب وسفن خشبية أكبر.

THE DEVELOPMENT OF THE WHEEL

تطور العجلة

اخترعت العجلة وأعيد اختراعها عدة مرات عبر التاريخ. وقد ضاعت تفاصيل أول ظهور لها، منذ ما لا يقل عن 5,000 سنة مضت، في الماضي السحيق، وبذلك انقسمت الآراء حول كيفية التوصل إلى هذا الاختراع.



▲ طالما كانت الحروب قوة محركة للاختراع، ويحتمل ان يكون تطوير العجلة مثالاً على ذلك. كان السومريون أول من طور العربات الحربية ذات العجلات، وتبعهم المصريون بعد ذلك بقليل.

منذ 6,000 سنة استخدم الإنسان تقانات آلات السحب من مثل المحراث والزلاقات والعربات البدائية (مزدوجة مكونة من عمودين لسحب الأحمال). وفي بعض بقاع العالم كانت الأحمال الثقيلة، كالحجارة والسفن، تنقل باستخدام المدحاة الخشبية (جذع شجر قابل للدوران). وقد تكون المدحاة نقطة البداية لاختراع عجلة العربة، ويمكن تصور كيفية حدوث ذلك بلا عناء. ففي لحظة ما يبدو أن شخصاً ما زاوج بين فكرة الزلاقة والمدحاة الخشبية.

نتيجة لاحتكاك جذع الشجر مع سطح الزلاقة لفترة ما يبلى الجذع و يهترئ ، وبعد الاستخدام المتواصل للزلاقة يستقر سطحها في نهاية المطاف على الأجزاء المهترئة من الجذوع، وربما أدت هذه المشكلة إلى توصل الإنسان إلى فكرة العجلة المحورية (ذات المحور). وتكمن أهمية وجود المحور في أن الطاقة اللازمة لإدارة العجلة المتصلة به صغيرة نسبياً نتيجة لصغر محيطه؛ فبتوفير طاقة صغيرة نسبيا تستهلك في إدارة المحور تتعاظم هذه الطاقة على شكل دوران العجلة بأكملها.

لكن تواجهنا بعض العقبات في تبني نظرية الدحرجة – فالجذوع المدورة تتقسم وتتكسر بسهولة تحت الضغط الواقع عليها، كما أن جذوع الأشجار الطويلة المستقيمة لم تكن متوفرة بكثرة في منطقة الشرق الأوسط، حيث تتوفر إثباتات دامغة على أنها أول منطقة ظهر فيها النقل باستخدام العجلات.

يستخدم علماء الآثار ظاهرة تطور بناء العجلات ذات المحاور الثابتة دليلاً على التقدم الحضاري النسبي لمجتمع ما. ويعود تاريخ أول عجلة محورية مكتشفة إلى عام 3200 ق.م. فالسومريون وشعوب بلاد الرافدين (العراق حاليا) رسموا صوراً لعربات ذات عجلات صماء، ويبدو أنها مصنوعة بلحم لوحين خشبيين مقطوعين على شكل دائرة، ويمر المحور في ثقب في مركز كل من العجلتين ويثبت باستخدام مسامير تثبيت، كما ظهرت العجلات المحورية في عربات الحرب عند السومريين في بلاد الرافدين أيضا في حوالي عام 2500 ق.م، وقد وفرت هذه المركبات ميزة كبيرة للجيوش دون شك، بيد أنها كانت ثقيلة وصعبة التحكم ، وبعد حوالي 500 عام طور السومريون البرمق (المترجم: العجلة الشعاعية وهي العجلة شبه الصماء) مما جعل العربات أخف وزناً وأسهل في التحكم بها. وخلال الـ 500 سنة التالية انتشر التصميم وشذبته حضارات أخرى بما في ذلك **المصريين** والرومان.

ويحتمل أن الحضارات المختلفة توصلت بشكلٍ مستقل عن بعضها إلى اختراع العجلة. ففي الصين، على سبيل المثال، ظهرت العجلات حوالي عام 2800 ق.م. كما يبدو أن الصينيين هم أول من طور العربة أحادية العجلة، وذلك حوالي عام 100 ق. م. ولم تلحق التقانة الأوروبية بالركب إلا بعد قرون عديدة – تمثل زجاجة ملونة لنافذة ترجع إلى القرن الثالث عشر في كاتدرائية تشارتر في فرنسا أقدم عربة أحادية العجلة معروفة في العالم الغربي.

لكن، يحتمل أن اختراع العجلة لأول مرة لم يكن بهدف توفير وسيلة نقل ، فالدلائل التي ترجع إلى عام 3500 ق.م. توضح أن صانعي الفخار كانوا يستخدمون قرصاً دواراً لمساعدتهم على إنتاج أوانٍ فخارية ناعمة منتظمة التشكيل. وقد طور الإغريق والمصريون فيما بعد عجلة صناع الفخار إلى عجلة للموازنة (الحدافة) والتي تقوم بتحويل نبضات الطاقة، من مثل الضغط بالقدم على الدواسة، إلى حركة مستمرة سَلسة. كما أن الإغريق أضافوا تغييراً ميكانيكياً جوهرياً للعَجلة. فالقرنان الرابع والثالث قبل الميلاد شهدا تطوير سن الدولاب والعجلات المسننة والبكرات. كما أن



▶ قد تكون عجلة صناع الفخار، التي طورت قبل قرون عدة، مصدر الإلهام لصناعة العربات ذات العجلات. ومازالت عجلة صناع الفخار تستخدم في بعض الحضارات اليوم ودون تغيير يذكر.

تواريخ مفصلية

3500 ق.م. ظهور أولى عجلات صناع الفخار في بلاد الرافدين.

3200 ق.م. ظهور أولى المركبات ذات العجلات (أيضا في بلاد الرافدين).

2800 ق.م. الصينيون يطورون العجلة (يحتمل بشكل مستقل).

85 ق.م. تطوير عجلة الماء في اليونان.

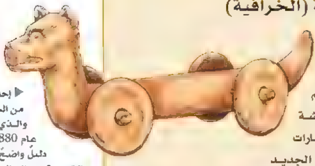
500 - 1000 ميلادي تطوير عجلة الغزل في الصين.

اختراع عجلة الماء كان تعديلاً مهماً على الفكرة الأساسية لتصميم المحور، فالعجلات المائية، والتي طورت أول مرة عام 85 ق.م.، سمحت للإنسان تطويع قدرة المياه لتشغيل الآلات الثقيلة، وبالتحديد حجر الرحى لطحن الحبوب.

ظهرت ابتكارات لنماذج وأغراض عديدة للعجلة منذ الأزمان البعيدة. فالصينيون استخدموا العجلات الدوارة لتصنيع خيوط النسيج فيما بين عامي 500 – 1000 ميلادي، وقد وصل الابتكار نفسه إلى أوروبا مع بدايات القرن الثالث عشر. وليست العجلة الدوارة إلا تعديلا على الحدافة: يؤدي دوران العجلة إلى إدارة المغزل الذي يبرم الألياف مع بعضها لتصنيع الخيوط وبسرعة تزيد عدة مرات عما يمكن لليد أن تقوم به.

كما أن الحدافة لعبت دوراً جوهرياً خلال الثورة الصناعية، فعندما توصل الحدافة إلى أسطوانات تحركها الآلات البخارية تتحول نبضات من القدرة الخام إلى حركة سَلِسة يمكن استخدامها لإدارة آلات المطاحن والمصانع وبالطبع توفر الطاقة للمركبات. وفي وقت لاحق ظهرت اختراعات مبنية على أسس عمل العجلة بما في ذلك التوربينات والجايروسكوب والعجلات الزيتية وجميعها تعديلات على تكنولوجيا عمرها 5,000 سنة ومازالت تتطور بقوة حتى اليوم.

العجلة الفائقة (الخرافية)



◀ إحدى اللعب المصنوعة من الحجر لشعب الأزتيك والذي اكتشفه تشارنيه عام 1880. إن وجود اللعبة دليلٌ واضحٌ على أن الحضارات القديمة في العالم الجديد استوعبت مفهوم العجلة. لكن يبقى الغموض حول سبب عدم تصنيعهم عجلة بالحجم الكامل.

تشير معظم الدلائل إلى أن العجلة كانت واحدة من تقانات العالم القديم. وتتملك الدهشة علماء الآثار بأن الحضارات المتقدمة في العالم الجديد كانت تنقصها استخدام العجلة في المواصلات أو تحريك الآلات قبل وصول الأوروبيين في القرن السادس عشر. ومن المثير للعجب أن شعوباً متقدمة تقانياً، مثل المايا والأزتيك، فشلوا في التوصل إلى نموذجهم الخاص للعجلة. في الحقيقة هناك بعض الأدلة على توصلهم لهذا الابتكار.

ففي عام 1880 اكتشف الفرنسي كلود – جوزف ديزريه تشارنيه (1828–1915) شيئاً يبدو أن له عجلات وذلك في تينيبانكو في جبل بوبوكاتيبتل (المكسيك). ويعود تاريخ المجموعة المنحوتة من الحجر إلى عام 1500 ق.م. وبذلك يتبادر إلى الذهن السؤال عن سبب عدم استخدام الأزتيك للعجلات رغم معرفتهم بكيفية صنعها. وتذهب إحدى النظريات إلى أن السبب يعود إلى أن مجموعة اللعب المكتشفة أدوات دينية وأن مفهوم العجلة لدى الأزتيك اعتبر في نطاق ما وراء الطبيعيات – لاستخدام الآلهة وحدهم، والربط بين العجلة والغيبيات ليس بالأمر النادر، فحركة العجلة تعكس عددا من الدورات الطبيعية: الحياة والممات، الليل والنهار، تغيّر الفصول، وحتى حركة الكواكب، فكل هذه الظواهر تتبع مسلكاً دوريا. وتبدو العجلة ضمن الرموز الدينية لعددٍ آخر من الحضارات وفي الغالب مرادفة للشمس.

▼ يمكن تكييف العجلة بشكل يفوق المعتاد، وقد أدى اختراعها إلى تطوير سن العجلة والعجلة المسننة والحدافة والتوربين، وكذلك جميع أشكال وسائل المواصلات المعتمدة على العجلة. ومازالت الآلة بتصميمها القديم قيد الاستعمال في مصر حتى اليوم، وتستغل قوة الثور لضخ المياه في نظام الري.



استئناس الحيوانات DOMESTICATION OF ANIMALS





▲ توفر لنا العملية المسماة «التهجين النادر» صورة لما يحتمل حدوثه في عمليات الاستئناس الأولى.

هناك فرق كبير بين ترويض الحيوانات واستئناسها؛ فالترويض يقتضي أخذ حيوانٍ من البرية وتدريبه إلى حدٍ ما، أما الحيوانات المستأنسة فهي فقط الحيوانات التي تولد في الأسر بعيدة زمنيا عن أسلافها البرية. وبشكلٍ عام تكون الحيوانات المستأنسة مشحمة أكثر وأقل ذكاءً وبالتأكيد أقل قابلية على الاستمرار في البقاء في البرية مقارنة بالحيوانات البرية.

اصطاد الإنسان القديم الحيوانات البرية، والتي تعتبر أسلاف الماشية حاليا، لآلاف السنين. وقبل تلك المرحلة كان الإنسان يقتات على جثث الحيوانات النافقة، فتلك الجثث لم تكن تمثل مصدر الطعام فحسب، بل مصدرا لمواد أخرى من مثل الفراء والجلود والأوتار والقرون والعظام.

ويحتمل أن بداية استئناس قطعان الماشية كان منذ حوالي 10,000 عام (8000 ق.م)، وذلك عندما أسرت النعاج والمفلون – حيوان يشبه الضان – وتبع ذلك أسر الخنازير البرية (7000 ق.م) في شرق آسيا وبلاد الرافدين، ومن السهولة بمكان تصور ما حدث بعد ذلك، فصغار الحيوانات كانت تؤسر بعد قتل أمهاتها في رحلة صيد اعتيادية، ثم تبقى الصغار قريباً من المساكن لترعى وتنمو إلى أحجام ذات فائدة. ومن جانب آخر كان من المهم الإبقاء على بعض الحيوانات الكبيرة في السن كوسيلة لإبقاء اللحم طازجا.

ومنذ ما يقارب 8,500 سنة (6500 ق.م) استأنست شعوب إفريقيا والهند قطعان الماشية، كما استأنست شعوب جنوبي شرق آسيا الدجاج حوالي عام 5500 ق.م. وتبع ذلك استخدام الحيوانات الأسيرة لأغراض أخرى، كمصدر للألبان والدماء والصوف على سبيل المثال. كما أن هناك أدلة تشير إلى أنه بحوالي عام 4000 ق.م. استغلت شعوب منطقة الشرق الأوسط القوة البدنية للحيوانات لأداء الأعمال الشاقة – سحب الأحمال الثقيلة وسحب المحراث. وفي حوالي الفترة نفسها استأنس الأوروبيون الجياد، في البداية وفرت الجياد للإنسان اللحوم والألبان فقط، لكن، وخلال مدة وجيزة نسبياً، استغل الإنسان الجياد في ركوب ظهورها. وجدت أسنان جياد يعود تاريخها إلى ما قبل 6,000 عاماً في أوكرانيا عليها آثار البلي الناتج عن العض على اللجام. وبحلول عام 2000 ق.م. أخذت الجياد مكانة مرموقة يمتطيها الأثرياء وعلية القوم. علاوة على ذلك، استخدمت الجياد في الحروب لترهيب الأعداء من ناحية وجر عربات الحرب من ناحية أخرى. وفي شمال أفغانستان

تواريخ مفصلية

10,000 ق.م.	استئناس الكلاب في الشرق الأوسط.
8000 ق.م.	استئناس النعاج والماعز في آسيا.
7000 ق.م.	استئناس الخنازير في آسيا.
6500 ق.م.	استئناس الأبقار في إفريقيا وآسيا.
5500 ق.م.	استئناس الدواجن في جنوب شرق آسيا.
4000 ق.م.	أسر الجياد واستخدامها في الركوب
3000 ق.م.	استئناس حيوان اللاما في أمريكا الجنوبية.
2500 ق.م.	استئناس الجمال في أفغانستان.
2400 ق.م.	استئناس القطط في مصر.

استؤنست الجمال البختيارية – ذوات السنامين- في حوالي عام 2500 ق.م. أما في العالم الجديد فقد تم استئناس حيوان اللاما عام 3000 ق.م. تقريبا، وخنزير غينيا عام 2000 ق.م. وكانت تربية الخنازير الغينية في أمريكا الجنوبية بهدف الحصول على لحومها قبل فترة طويلة من اعتبارها حيوانات أليفة.

تختلف الحيوانات عن بعضها من حيث ملاءمتها للاستئناس. فالعدد الذي يمتلك جميع الخصائص التي تؤهلها لتكون حيوانات مستأنسة جيدة عدد قليل نسبيا. وبعض هذه المتطلبات تعتبر بكل بساطة مسائل اقتصادية. وتعتبر الحيوانات العاشبة، مثل الأبقار والخراف، من أرخصها وأسهلها استئناسا؛ فبكل بساطة تترك الحيوانات لترعى على العلف بنفسها. كما أن استئناس الجمال والنعاج سهل بالمستوى نفسه، لكنها تحتاج إلى مراقبة أكبر، إذ إنها تأكل كل شيء تقريبا. وفي المقابل تحتاج تربية الجياد توفير الأعشاب والحبوب على حدٍ سواء مما يجعل تربيتها أصعب من حيوانات الماشية، وهو ما يفسر تأخر استئناسها. هناك اعتبار اقتصادي آخر يتعلق بمعدل نمو الحيوان حتى يكبر الى الحجم المناسب. وبهذا، وضمن منظور مربي الحيوانات، لا تستحق التربية إلا تلك الحيوانات التي تصل حجماً مفيداً وتبلغ مرحلة قابلة للتكاثر في وقت قصير.

هناك اعتبارات أخرى تتعلق بسلوك الحيوان نفسه، الحالة المزاجية مهمة، فالبقر والجياد أكثر طواعية مقارنة بالحمار الوحشي وفرس النهر، على سبيل المثال، والماعز والخنازير أقل

انظر ايضا الزراعة والغذاء 1: 28-29؛ بناء الأهرامات 1: 32-33



▲ تمثل هذه الجدارية الخلابة أهمية الحيوانات المستأنسة للإنسان في بلاد الرافدين قديماً بما في ذلك الماعز والأبقار والنعاج ، فاللوحة المعروفة بـ «معايير أور» تتكون من لوحٍ خشبي مزخرف بالأصداف والصخور الملونة، رسمت اللوحة منذ 4,600 عامٍ في جنوب العراق (مدينة أور، البصرة حاليا).

ذعراً وهيجاناً من الغزلان والوعول. فالحيوانات التي تكون تحت ضغـوط في وضعها الأسير تميـل إلى ضعـف التوالد. وهناك خاصيـة أخرى للحيوانـات التي ينجح استئناسـها تتعلق بميلها إلـى تكوين مجموعات اجتماعية. فالأسـلاف البرية للحيوانات المستأنسـة كانت جميعهـا تعيش في مجموعـات تتميز بهيكلٍ هرمي. فلكل مجموعة قائد، وبذلك فمن السـهل عليها نسبياً أن تنصاع لسيطرة الإنسان عليها.

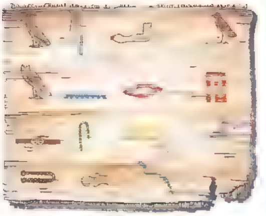
في حالات عديدة اندثـرت الأنواع البرية التي تطورت منها الحيوانات المستأنسـة. فليس هناك اليوم جياد برية خالصة أو جمـال عربية برية أو اللاما أو خنازير غينية برية - هناك فقط بعض الحيوانات الوحشية من هذه الأنواع والتي إما أنها حيوانات هاربة من بين الحيوانات المستأنسة أو حيوانات مستأنسة أطلقت عمداً في البرية. فقد قضي على آخر أوروش (البقر البري) عام 1627 كما أن الجمال البختيارية البرية والياك البري (ثور التبت) معرضان للانقراض بشكل كبير. علاوة على ذلك لا وجود لشيء اسمه الألبكة البرية ويحتمل أنه لم يكن له وجود أبداً- يعتقد أن هذا الحيوان طويل الشـعر أحد أقرباء اللاما تطور تحت سـقف الاسـتئناس، ويحتمل توليده من خلال تهجيـن اللاما مع حيوان الفيكونة - حيوان من أمريكا الجنوبية شبيه بالجمل.

آكلات اللحوم – حالة خاصة للقطط والكلاب

تعتبـر تغذيـة الحيوانـات آكلـة اللحوم بشـكل عـام عملية مكلفـة، كمـا أن غالبيتها غيـر اجتماعية (عدوانيـة) وتنطـوي علـى المخاطـر. فالـكلاب ليسـت إلا ذئابـاً، وبذلك فهـي حيوانـات تقتات على القمامة والفضلات، واجتماعية بدرجة عالية. كما أن ذكاءها وإخلاصها تجعلها مفيدة بشكل فريد. هناك أدلة موثوقة تشـير إلى أن الكلاب عاشـت مع الإنسـان منذ 12,000 عام (10 000 ق.م.) على الأقـل وذلـك فـي بـلاد الرافدين ومنذ 11,000 سـنة في أمريـكا الشـمالية (9000 ق.م.). ويبدو أن العلاقة بين الإنسـان والكلب كانت في بدايتها علاقة شـراكة في الصيد. أما القطط فهي مخلوقات منزوية متوحدة ولا تناسـب الصـورة العامـة للحيوانات المستأنسـة. وقد بدأت علاقـة القطط بالإنسـان كحيوانات مفترسـة استـغلت عندما تكاثرت أعداد الفئران في المسـتعمرات التي شـيدها الإنسـان في الشـرق الأوسـط قبل حوالي 7,000 سـنة 5000 ق.م.) ودون ريب، فإن خدمة تحكمها فـي أعـداد الحشـرات والقوارض كانت محل ترحيـب، لكنها بقيت حيوانات متوحشـة. كان الدين هو الفيصل الذي أدخل القطط تحت مظلة الاسـتئناس، وذلك قبل حوالي 4,500 عاماً (2400 ق.م.) في مصر، حين اعتبرها الإنسـان كائناتٍ مقدسـة وبقي وضع القطط كحيوانات مسـتأنسـة حالة غير اعتيادية - تحتفظ حتى أكثر القطط المنزلية ألفة بدرجة من الاسـتقلالية عن الإنسـان مما يؤدي إلى عودة الملايين منها سنويا إلى حياة البرية.

الكتابة والأعداد

WRITING AND NUMBERS



▲ الرموز الهيروغليفية المصرية تعتبر تمثيلاً للأشياء ، وفي بعض الحالات يأخذ شكل الرسم معانٍ للأشياء الممثلة لها، بينما يرمز الشكل في أحيانٍ أخرى إلى صوت محدد. وتشير الرموز في الصف الأعلى إلى الحروف *a ، i ، Ī ، w* (تقرأ من الشمال إلى اليمين) على التوالي.

يحتاج الناس دوماً إلى توثيق الأحداث المهمة ومتابعة البضائع المخزنة أو المتاجر بها وكذلك الضرائب المجباة، ويعتبر الرسم أبسط أشكال التوثيق. ويعتقد العلماء أن الرسومات على جدران الكهوف في منطقة لاسكو غروتو في فرنسا، والتي يعود تاريخها إلى ما بين 15,000 و17,000 سنة خلت، وتصور أنواعاً من الحيوانات ورجل، يعتقد العلماء أن هذه اللوحة توثيق لطقوس دينية. وتمثل الرسوم القديمة ماهية الشكل المرسوم تماماً، فصورة «غزال» ، مثلاً يعني «غزالاً» ليس إلا. لكن، وتدريجيا، اكتسبت الرموز معانٍ مجردة أكثر لتتطور في نهاية المطاف إلى الكتابة.

تطورت الكتابة كوسيلة لحفظ السجلات والتوثيق، وفي البداية مثلت الرسومات التعبيرية أبسط الأشكال في التعبير. فالشمس مثلاً عبر عنها بدائرتين متحدتي المركز، والماء رمز له بخط متموج. ويمكن رسم هذه الرموز البسيطة بسرعة وتبقى مميزة مهما صغر حجمها. لكن، وبمرور الوقت، اتخذت الرموز معانٍ مختلفة، فالرمز الدال على «الشمس» أخذ أيضا معنى «النهار» وكذلك كان رمزاً للإله رع في مصر.

في المرحلة التالية اكتسب كل رمز معنى صوتياً إلى جانب المعنى التمثيلي، أو أنه اتخذ المعنى الصوتي فقط في بعض الأحيان. تسمى عملية تمثيل الصوت بصورة بالكتابة «الهيروغليفية» وقد طورها **المصريون** بأفضل صورة، حيث بدأ ظهورها، وذلك في حوالي عام 3100 ق.م. وبحلول عام 2700 ق.م. اتخذت الكتابة الهيروغليفية في مصر شكلاً معيارياً موحداً وبقيت مستخدمة لمدة تقارب 3,000 عام .

وفي حوالي التاريخ نفسه ظهر نظام كتابي آخر في بلاد الرافدين، وهي المنطقة الممتدة بين نهري دجلة والفرات (العراق حاليا). ومثلما هو الأمر مع النظام الهيروغليفي، بدأ النظام الجديد بالكتابة التصويرية، لكنه اختلف في تطوره عن النظام الهيروغليفي نظراً لاختلاف أدوات الكتابة. فالمصريون خطوا كتاباتهم على أوراق البردي مستخدمين الحبر والأقلام المصنوعة من أعواد القصب، بينما استعانت شعوب **بلاد الرافدين** بأداة حفر مدببة للكتابة على ألواح طينية رطبة يرسمون عليها أشكالاً مستديرة أو أشكالاً ذات حواف. ولذلك عرف نظام الكتابة هذا بالكتابة المسمارية ودخلت الاستخدام في حوالي عام 2400 ق.م. وتشمل الشعوب التي استخدمت الكتابة المسمارية **السومريين والآشوريين والبابليين**. ثم انتشرت الكتابة المسمارية في بلاد فارس حيث بقيت قيد الاستخدام لحوالي 2000 سنة. أما أول ظهور لنظام هجائي حقيقي (النموذج الكنعاني) فكان في حوالي عام 1700ق.م. في منطقة الشرق الأوسط. ومن هذا النموذج الفينيقي تطورت الأحرف الهجائية الفينيقية الـ 22 عام 1000 ق.م. تقريباً لترتقي في نهاية المطاف إلى الأحرف العربية والعبرية واللاتينية والإغريقية.

تطورت الكتابة الصينية من الصور أيضا، إذ كانت الصور تحفر على أسطح العظام والأصداف البحرية ثم تلقى في الهواء. وكان الاعتقاد السائد أن الشكل الذي تتخذه العظام والأصداف بعد سقوطها على الأرض تبلغ رسالة من الآلهة أو من الأسلاف المتوفين. شاع نظام الكتابة الصيني منذ حوالي عام 1700 ق.م. وأضحت الكتابة الصينية أكثر تجريداً في عهد الأسرة الزهاوية (حوالي 1122 – 256 ق.م.).

احتاج الموثقون أيضاً طريقة لكتابة الأرقام، فصورة بقرة واحدة قد تعني بقرة واحدة فعلاً، لكنه من غير العملي تمثيل ستين بقرة برسم ستين منها. ففي المنطقة التي تعرف اليوم بجمهورية التشيك قام شخص ما، حوالي عام 30,000 ق.م. بحفر 55 خدشاً (11 مجموعة من 5 خدوش) على عظم لرجل ذئب. وقد تشير هذه الخدوش إلى عدد الحيوانات التي تم قتلها في رحلة صيد ما، لكن لا أحد يعرف معناها الحقيقي، بيد أن من الواضح أنها تشكل سجلاً عدديا. وتسمى العصا أو العظام المستخدمة بهذه الطريقة بعصا العد، أو المِعداد.

كان المصريون أول من استخدام الأعداد لكميات تفوق العشرة وذلك حوالي عام 3400 ق.م.، تبعتهم شعوب بلاد الرافدين في حوالي عام 3000 ق.م. وشعوب جزيرة كريت حوالي عام 1200 ق.م. ويعتبر استخدام الأساس عشرة اختياراً طبيعياً نظراً لوجود عشرة أصابع للإنسان، كما أن غالبية الحضارات تبنت هذا النظام. ويعتبر البابليون والسومريون استثنائين رئيسين من هذه القاعدة: إذ تبنوا نظاماً عددياً يأخذ العدد 60 أساساً له.

من ناحية أخرى استخدمت نظم الأعداد المصرية والمسمارية رموزاً مختلفة للتدليل على الأعداد 1، 10، 100، 1000، 10,000، 100,000، 1,000,000 واستخدموا تكرار الرمز للتعبير عن القيم الأعلى مثلما هو الأمر مع الأرقام الرومانية، فإذا كان الرمز X يعني 10 فإن X X يعني 20 و X X X يعني 30، وكذلك إذا كان C يدل على العدد 100 فإن الرمز CCC يدل على العدد 300، وهكذا. لكن أنظمة العد كلها لم تحتو على رمزٍ للعدد صفر.

ونظراً لتوفر الطين بقيت ألواح الكتابة المسمارية

الحساب البابلوني مازال حيا

أساس الحساب المستخدم اليوم هو الرقم 10، كما أن قيمة الرقم تعتمد على موضعه. فعلى سبيل المثال، الرقم 87 يعني «عشرة ثمانيات مضافاً إليها 7 «وحدات» . البابليون من جانبهم استخدموا الرقم 60 أساسا لهم، مما يعني أن العدد 87 يكتب كـ «ستين» واحدا مضاف إليه 27، أو 27 1 . ويشبه ذلك تماما ما نكتبه من 87 ثانية بدليل الساعة، ساعة واحدة و27 دقيقة أو «'27 °1». ولا يشكل هذا التكافؤ صدفة، فقد أبقينا على النظام البابلي ذي العدد 60 أساساً للساعة والدقيقة والثانية، وكذلك لدرجة الزاوية ودقيقتها وثانيتها. وهناك 360 درجة (ستة أضعاف 60) للدائرة.

تواريخ مفصلية

- **3400** ق.م. استخدام الأرقام ذات الأساس 10 في مصر.
- **3100** ق.م. الكتابة الهيروغليفية المصرية.
- **2400** ق.م. الكتابة المسمارية.
- **1700** ق.م. الكتابة الصينية الأولى.
- **1700** ق.م. النموذج الكنعاني للحروف.
- **1000** ق.م. الأحرف الفينيقية.

انظر أيضا التقاويم 1: 42–43؛ المِعداد والعَد 2: 32–33؛ صناعة الورق واستخداماته 2: 42–43



◄ لوح مدرسي بابلوني يعود تاريخ كتابته إلى ما بين عامي 1900 ق.م. و 1700 ق.م. يوضح اللوح مثلاً سومريا كتبه معلم ليستنسخه الطلاب على الوجه الآخر منه.

▼ يمكن تتبع أصل غالبية أحرف الهجاء للغة الإنجليزية إلى أحرف الهجاء الفينيقية، كما هو موضح في الجدول أدناه. لكن الفينيقيين لم يفرقوا بين الحرفين J، L.





▲ أدوات كتابة تشمل صفحة من ورق البردي وقالب حبر وحافظة أقلام وعدداً من الأقلام المصنوعة من القصب أو أوراق الأسل (نباتات أسطواني الأوراق). يقوم الكاتب بتبليل الحبر وغمس رأس القلم فيه.

البابلونية آلاف السنين. فطالما بقي اللوح الطيني طرياً كان بالإمكان مسح ما كتب عليه بتنعيمه واستخدامه مجددا. وكانت الألواح تطرح جانبا عندما تبدأ بالجفاف. وتبين بعض الألواح الباقية أنها كانت كراسات تمارين استخدمها الطلبة، وتحتوي على جداول ضرب الأعداد وعمليات حسابية معقدة. وعلى الجانب الآخر، استخدم المصريون في نظامهم الحسابي عمليات الجمع والزيادة إلى الضعفين فقط، إذ كانت عمليات الضرب تتم بتكرار عملية المضاعفة إلى الضعفين أو الإنقاص إلى النصف متبوعاً بجمع النتائج. ورغم ذلك، تصف أوراق البردي المصرية الباقية عملياتٍ رياضية مثل توزيع عددٍ ما من الأرغفة على عددٍ من الأفراد وإيجاد مساحة مثلث قائم الزاوية.

العلوم SCIENCE

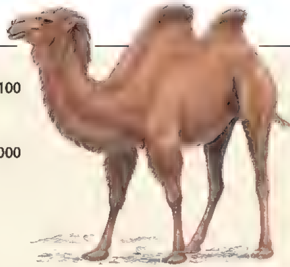
4000 ق.م. زراعة البطاطس كمحصول غذائي في جبال الأنديز في بيرو (حيث لا يسمح الجو البارد بزراعة الذرة)، يعتبر السكان البطاطس الغلة الرئيسة للغذاء.

4000 ق.م. تزرع شعوب منطقة التركستان العنب البري لصناعة النبيذ.

4000 ق.م. استئناس الحمير في مصر كدواب أحمال.

3400 ق.م. يتبنى **المصريون** نظاما عشرياً للأعداد للتعبير عن الكميات التي تزيد عن العشرة.

3400 ق.م. يستحدث **السومريون** نظاماً بسيطاً للكتابة التصويرية. وفي حوالي عام 2400 ق.م. يتطور النظام إلى الكتابة المسمارية.



الموطن الأصلي للجمل البختياري هو منطقة في شمال أفغانستان – تعرف بمنطقة بختيار تم استئناس الجمل البختياري أول مرة حوالي عام 2500 ق.م.

3200 ق.م. يستعين **المصريون** بجهاز «النايلوميتر» لقياس مستوى فيضان نهر النيل، ويحددون بشكل تقريبي كميات المياه المتوفرة لكل مزارع وكميات المحاصيل التي يمكن له زراعتها.

3100 ق.م. بداية الكتابة **المصرية** باستخدام الصور كشكلٍ من أشكالها.

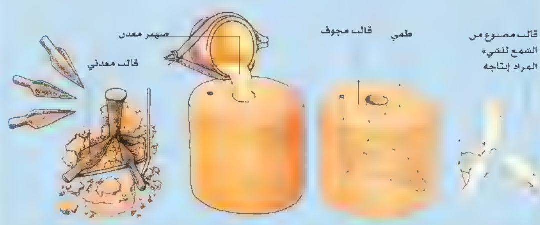
3000 ق.م. يضع **السومريون** تقويما شمسياً ذا 365 يوماً يتضمن 12 شهراً طول كل منها 30 يوما. وحتى يتواءم التقويم مع فصول السنة يضيف السومريون شهراً كل ثماني سنوات تقريبا.

3000 ق.م. تشييد المدن المعتمدة على زراعة الزيتون والعنب في منطقة إيجيا حول اليونان.

3000 ق.م. زراعة اليام (نوع من أنواع البطاطس) في غرب إفريقيا وزراعة النخيل لإنتاج الزيوت من البلح.

التكنولوجيا TECHNOLOGY

مع تطور صناعة البرونز في الشرق الأوسط شاعت تقانة القولبة كوسيلة لصناعة الأدوات المعدنية. ويبين الشكل ما يعرف بعملية الشمع المفقود. تبدأ العملية بصنع نموذج من الشمع المغطى بطبقة سميكة من الطمي للشيء المراد صنعه (في هذه الحالة ثلاثة أنصال) وبعد جفاف الطين وتصلبه يصهر الشمع بداخله ويطرح جانبا مخلفا قالباً أجوف. ومن ثَم يصب معدن مصهور في القالب الأجوف فيأخذ الصهير الشكل الأصلي للقالب. وأخيراً تقطع الأنصال الملتحمة لنحصل على ثلاثة أنصال.



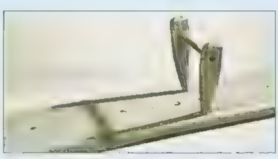
3500 ق.م. استخدام القوارب الشراعية في مصر وبلاد الرافدين.

3500 ق.م. يستخدم المزارعون في بلاد الرافدين والصين محراثاً بدائيا.

3500 ق.م. اختراع العجلة في بلاد الرافدين، استغل صناع الفخار العجلة في البداية في صناعتهم بإدارتها باليد. في هذا الوقت تقريباً يبدأ الإنسان بصناعة الطابوق بشي الأحجار الطينية في الأفران، لكن استعمال الطابوق يقتصر على مبانٍ خاصة.

3500 ق.م. يستخدم **المصريون** ساعة شمسية بسيطة تعرف بالمزولة – تتكون من عصا أفقية أو مسلة تلقي بظلالها على الأرض.

3200 ق.م. ظهور أول استخدام لسبائك النحاس والقصدير (البرونز) في بلاد الرافدين (العراق حاليا). ينتشر استخدام البرونز في أوروبا والشرق الأوسط. و في حوالي عام 2500 ق.م. يتوصل **السومريون** إلى تقانة صب صهير النحاس والبرونز في قوالب طينية لتشكيل رؤوس التماثيل.



تكونت أولى الساعات المصرية من عصا توضع عمودياً أو مسلة تلقي بظلالها على الأرض. وفي مرحلة لاحقة، حوالي القرن الثامن قبل الميلاد، ظهر نموذج نقال للساعة. يتم تقدير الوقت بطول ظل العصا على لوحٍ عليه شقوق.

3200 ق.م. استخدام العربات ذات العجلات المحورية في الشرقين الأدنى والأوسط.

3100 ق.م. بدء تشييد المرحلة الأولى من الستونهنج (الصخور المعلقة)- على أرض هضبية ذات حلقة من التجويفات – وذلك في جنوب إنجلترا.

3000 ق.م. ازدهار صناعة التماثيل من المرمر لتصديرها في الجزر اليونانية في محيط بحر إيجه (جزر سكلديز).

3000 ق.م. اكتشاف مناجم خام النحاس في جزيرة قبرص في البحر الأبيض المتوسط، وتصبح الجزيرة في وقت وجيز المصدر الرئيس لإنتاج المعدن في العالم القديم.

3000 ق.م. بهدف إنشاء بحيرة إصطناعية لأغراض الري، يشيد المهندسون **المصريون** سداً بارتفاع 328 قدما (100 م) عبر وادي نهر غروي (يعرف أيضا بسد اللاهون وأقيم في الفيوم).

3000 ق.م. يقوم البحارة **الصينيون والمصريون** بتزويد مراكبهم الشراعية بالمرساة.

العلوم SCIENCE

3000 ق.م. استئناس حيوان اللاما في البيرو.

2950 ق.م. تطوير التقويم القمري في الصين.

2900 ق.م. زراعة القطن في حوض نهر الهندوس في الهند والذي يغزل إلى خيوط لحياكة الملابس منها.

2500 ق.م. زراعة الفول السوداني في بيرو كمحصول غذائي.

2500 ق.م. استئناس شعوب شمال إيران وأفغانستان للجمل البختياري ذي السنامين.

2500 ق.م. بدأت شعوب منطقة التبت استئناس حيوان الياك، وهو نوع من الأبقار يتميز بوبر طويل خشن.

2500 ق.م. شعوب منطقة حوض نهر الهندوس في الهند يستأنسون الفيلة الهندية كدواب أحمال.

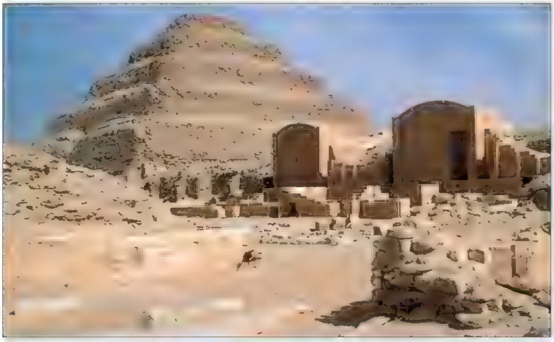
2500 ق.م. يضع التجار **السومريون** نظاماً للأوزان العيارية وحداته الشيكل والمينا.

2500 ق.م. يبدأ الأطباء **المصريون** بإجراء العمليات الجراحية ويطورون عدداً من الأدوات الجراحية لهذا الغرض.

2500 ق.م. يمارس الأطباء **الصينيون** علاج الأمراض بالإبر الصينية، تتم معالجة المريض بغرز إبر معدنية صغيرة داخل مناطق محددة من الجسم ذات العلاقة بالعضو أو الأعضاء السقيمة.

2500 ق.م. تزرع شعوب جنوبي شرق آسيا مساحات من أشجار ثمرة الخبز.

بدأ تشييد هرم زوسر المدرج في منطقة سقارة جنوب القاهرة حاليا في حوالي عام 2630 ق.م. ويعتقد أنه أول هرم بني في تاريخ العمارة.



التكنولوجيا TECHNOLOGY

3000 ق.م. أول تصنيع للأواني الفخارية في القارة الأمريكية في منطقتي الإكوادور وكولومبيا.

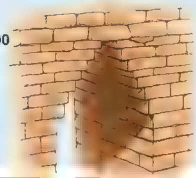
3000 ق.م. تشييد شعوب أمريكا الشمالية البيوت الصخرية، كما ينتجون منتجات أخرى مصنوعة من الريش بما فيها أغطية اللحاف والسلال.

2800 ق.م. يبتكر **السومريون** صناعة الصابون بغلي الزيوت الحيوانية مع رماد النباتات.

2800 ق.م. ينتج **المصريون** أوراق البردي بطحن سيقان النباتات السوقية. كانت المخطوطات تخط قبل ذلك على البرشمان أو على رقائق جلدية.

2750 ق.م. التوصل في بلاد الرافدين إلى دعم تشييد المباني بالأقواس التي يتم بناؤها بقطع من الأحجار المتداخلة بحيث يكون مسقط الحجر العلوي أصغر من مسقط السفلي. كما تستخدم التقانة نفسها لبناء القباب الحجرية.

2700 ق.م. يربي الصينيون دودة القز بإطعامها أوراق شجر التوت، تفك جدائل الحرير من الشرنقة وتحول إلى خيوط تحاك منها الملابس الحريرية.



على نقيض الأسكفة البسيطة (الدعامات العلوية المستوية) يمكن تشييد ممرات أكثر اتساعاً باستخدام الدعامات المقوسة.

2630 ق.م. بدء العمل في تشييد هرم زوسر المدرج في منطقة سقارة بمصر، تبلغ أبعاد أضلاع قاعدته 410 قدماً (125 م) في 345 قدماً (105 م)، كما يبلغ ارتفاعه 203 أقدام (62 م)

2600 ق.م. ظهور صناعة الزجاج في بلاد الرافدين بصهر الرمل (السيليكا) مع الصودا (كربونات الصوديوم). يستخدم الزجاج في البداية لصقل الأواني الفخارية والمزهريات (أواني الزهور)، وفي مرحلة لاحقة يتوصل الصناع إلى صهر الزجاج لصناعة القناني.

2600 ق.م. يستخدم البناؤون **المصريون** مجموعة من الأدوات مربعة الشكل لتحديد الزوايا القائمة، كما يستخدمون ثقلاً يتدلى من حبل للتأكد من الارتفاع المستوي في البناء. علاوة على ذلك يبدأ الكهنة بممارسة تحنيط جثث النبلاء مثل الفراعنة لصنع المومياء.

2550 ق.م. بعد 25 سنة من العمل ينتهي تشييد الهرم الأكبر للملك خوفو (تشيوبس باللغة الإغريقية) في منطقة الجيزة في مصر. يبلغ ارتفاع الهرم 482 قدماً (147 م) وعرض قاعدته 755 قدماً (230 م) كما يبلغ وزن أحجار الغرانيت المستخدمة حوالي 15 طناً (14 طناً مترياً) لكل حجر تقريبا.

2500 ق.م. يستخدم الإسكندنافيون الأحذية المصنوعة من الخشب للمشي على الجليد.

2500 ق.م. استخدام أنابيب التصريف الفخارية في مدينة كنوسوس في جزيرة كريت وكذلك في مدينة موهنجو – دارو في باكستان.

2500 ق.م. بناء أقدم بيت في مصر في مستعمرة كاهن (القريبة من الفيوم).

AGRICULTURE AND FOOD الزراعة والغذاء

يرجع تاريخ الزراعة إلى حوالي 11,000 سنة مضت عندما هجر الإنسان تدريجياً حياة الصيد والتجميع وبدأ يشكل تجمعات سكانية أكثر استقرارا. في البداية هيأ الإنسان المكان بشق الأرض وحرقها ليعيش في تجمعات يمكنها زراعة المحاصيل وتربية الحيوانات. كما دعت الحاجة لتخزين الطعام وإعداده إلى اكتشافات جديدة.



▲ يعود تاريخ هذه الأدوات الزراعية البسيطة المستخرجة من إحدى المقابر في مصر إلى حوالي عام 1600 ق.م، وتشمل منجلاً (اليمين) وزوجاً من المعارق الخشبية تستخدم لتفتيت كتل التراب بعد الحرث.

في الوادي الخصيب لنهر النيل في مصر وفي المنطقة الواقعة بين نهري دجلة الفرات في بلاد الرافدين (العراق حاليا) استخدم المزارعون الأوائل العصي والمعازق لإعداد الأرض للزراعة كما استخدموا المناجل لجني المحاصيل. وباختراع شعوب بلاد الرافدين والصينيين المحراث في حوالي عام 3500 ق.م. وسع الإنسان مساحة الأرض التي يمكنه حرثها لزراعة طعامه. وعلى مدى السنوات التالية أدى التهجين الانتقائي للنباتات إلى ظهور أنواع جديدة من سنابل الحبوب كالقمح والشعير بمحصولٍ وفير. كما لجأ الإنسان إلى استئناس الحيوانات وتوليد أنواع منها بالتهجين. فدواب الأحمال من مثل الجياد والثيران والجواميس حلت محل عضلات الإنسان لحمل الأثقال وجر المحاريث وسحب العربات.

كان من الصعوبة على البشر حفظ الطعام في الشتاء، على الرغم من أنهم خزنوا الحبوب المجففة. كما تمكن الإنسان من حفظ البذور الجافة من مثل العدس وحبوب البقوليات. ولجأ المزارعون إلى نحر العديد من حيواناتهم في نهايات فصل الخريف نظراً لعدم توفر الغذاء لها بشكل كاف خلال فصل الشتاء. كما أخذت شعوب التجمعات السكانية بحفظ جثث الحيوانات المنحورة بتركها لتجف في الهواء الطلق وتخزينها في الكهوف أوقات الطقس البارد. لكن، وبفعل الحاجة إلى حفظ الطعام وخزنه، ازدهرت تقانات جديدة في هذا المجال. اعتمدت إحدى هذه التقانات على عملية تقديد اللحوم والأسماك على نار متقدة بالخشب، ومازالت هذه التقانة مستخدمة اليوم (لكنها تستخدم للحصول على النكهة أكثر من اعتبارها وسيلة حفظ). ثم استخدم الإنسان التمليح لحفظ اللحوم والأسماك وبعملية دمج بين التقديد والتمليح للحوم والخنازير أنتج الإنسان نوعي الهام والبيكون.

علاوة على ذلك، بدأ الإنسان استخدام الرحى لصنع الدقيق من الحبوب المحصودة، كما صنع الأواني الفخارية لإعداد الطعام وحفظه. ويعود تاريخ أول آنية فخارية مكتشفة إلى حوالي عام 11,000 ق.م. في اليابان. كما أن صنع الأواني الفخارية اخترع وبشكل مستقل في منطقة الشرق الأوسط بعد حوالي 5,000 سنة من ذلك ومع ارتفاع كفاءة صناع الفخار ظهر بناء الأفران لشي الطين.

▼ تمتد منطقة الهلال الخصيب حول الشرق الأوسط من الخليج العربي في الجنوب الشرقي لها إلى فلسطين ومصر في الجنوب العربي. ويعود تاريخ غالبية التجمعات السكانية على الخارطة إلى حقبة العصر الحجري



انظر ايضا منشأ الحبوب والمحاصيل الأخرى 1: 16-17؛ استئناس الحيوانات 1: 22-23؛ الآلات الزراعية 5: 16-17



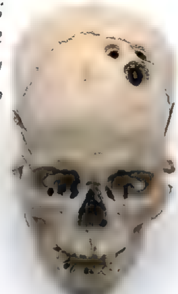
▶ يمثل هذا النموذج، المستخرج من قبر في مصر، رجلاً يستخدم محراثاً بسيطاً يجره زوج من الثيران، ويعود تاريخ النموذج إلى حوالي عام 2000 ق.م. حيث وضع في قبر رجل ثري لتوفير الطعام له في الحياة الآخرة.



الطب القديم

ANCIENT MEDICINE

يُصاب الناس بالمرض دائماً وعبر التاريخ وجد الأطباء لمداواتهم. قام حامورابي الذي حكم البابليين من سنة 1792 ق.م. وحتى 1750 ق.م. بوضع قوانين عدة، كما أصدر أحكاماً موثقة على عمود صخري تشمل عقوبات على الأطباء الذين يخطئون في العلاج. فإذا فتح الطبيب خُراجاً وأدى ذلك إلى موت المريض بترت يدا الطبيب المعالج، وذلك إذا كان المريض حراً؛ أما إذا كان المريض مملوكاً يحكم على الطبيب بتوفير عبد بديل لمالكه فقط.



▲ جمجمة إنسان عاش في أريحا منذ 4,000 إلى 4,200 سنة مضت، والفجوات أعلى الجمجمة نتيجة لعملية تربنة أجريت لها. ويدل النمو الجزئي للعظام على بقاء المريض على قيد الحياة بعد العملية، ويحتمل أن إجراء عمليات ثقب الجمجمة كانت تهدف إلى طرد الشياطين المسببة للأمراض العقلية.

كان كل فرد في بابل يُشجع على مساعدة المرضى، ولذلك كان طبيعياً ترك المرضى على قارعة الطرق حتى يتمكن المارة من تقديم النصائح الطبية لهم، وغالباً ما كان الأطباء الممارسون يخمنون مسار الأمراض بالكهانة وذلك بفحص كبد أضحية حيوانية.

طلب النصح من الأصدقاء والجيران عادة قديمة موجودة في كل مكان إلى حد أن «الطب الشعبي» مازال يمارس حتى اليوم. ونظراً لأن البشر لم يكونوا قد اكتشفوا تركيب الجسم البشري بعد ولم يتوصلوا إلى فهم وظائف أعضائه المختلفة، ساد الاعتقاد بوجود نوعين من الأمراض. فمن ناحية اعتبرت الأمراض البسيطة من مثل النزلات المعوية الخفيفة والصداع ونزلات البرد جزءاً من الحياة اليومية المعاشة، ولذلك احتمل البشر هذا النوع من الأمراض وعالجوها بما توفر لهم من أدوية ثبتت فائدتها.

أما الأمراض الأكثر حدة مثل الحمى والجدري أو الدوزنتاريا، فقد اعتبرها الأقدمون عملاً من أعمال الشياطين التي سكنت الجسم أو من أعمال الآلهة التي أهانها الشخص المريض. وعلى هذا الأساس تنتقم الشياطين والآلهة لنفسها بالقاء لدغة العقرب أو لسعة النحل على أجسام ضحاياها أو بإدخال الديدان فيها أو بانتزاع جزءٍ مهم منها – وغالباً ما يكون الروح، وبناءً على هذه النظرة استند العلاج إلى انتزاع سم العقرب أو إفرازات النحل أو الديدان أو حتى طرد الشياطين المسببة لأعراض المرض أو تشجيع الروح على العودة إلى مكانها الطبيعي في الجسم. واستنادا إلى ما يعتبره الطبيب المعالج مناسباً فقد يستخدم المص أو العلاج باليد (مثل التدليك) لإزالة سبب المرض إضافة إلى إعطاء أدوية عشبية تؤخذ بالفم، كما تجرى عمليات الرقية أو كتابة التعاويذ، ومن هذا المنظور شمل العلاج السحر وإقامة الطقوس الدينية، وعرف الممتهنون له «برجال الطب» أو «نساء الطب».

كان من ضمن وسائل طرد مسببات المرض خارج الجسم حفر ثقب بطول 1 إلى 2 بوصة (2.5 – 5 سم) عبر الجزء العلوي من الجمجمة، وعرفت هذه العملية بعملية التربنة وشملت ممارستها العديد من أجزاء العالم، وقد اكتشفت جماجم مثقوبة يعود تاريخها إلى مرحلة ما قبل التاريخ وذلك في أوروبا وبيرو. ومما يدعو للعجب أن المعالجين بهذه الطريقة الوحشية كانوا غالباً ما يبقون على قيد الحياة، إذ كانت العظام تنمو لسد الفجوات التي أحدثت في الجمجمة.

من جانبهم كان للمصريين أطباؤهم وجراحوهم، ويعتبر أمحوتب أحد أوائل الأطباء وكان في الوقت نفسه وزيراً ومنجماً ومعمارياً ومستشاراً للملك زوسر الذي حكم مصر من عام 2630 ق.م. وحتى 2611 ق.م. وبعد 100 عام من وفاته توج أمحوتب إلها للطب.

أما الطب الصيني فقد بدأ قبل ما يربو على 4,500 سنة. اعتقد الصينيون أن علة المرض تكمن في عدم التوازن بين الأنثى (*ين*) والذكر (*يانغ*) على مستوى المبدأ الكوني، ولذلك هدفت طرق علاجهم إلى إعادة التوازن بين الاثنين. استخدم الأطباء الصينيون أعشاباً علاجية عدة من بينها نبات ماهوانغ (*Ephedra sinica*) والذي ينتج مادة الإفدرين المستخدمة حتى اليوم لعلاج حالات الربو والتهابات الشعب الهوائية، ولعل أشهر الأعشاب الطبية التي استخدمها الصينيون نبات الجنسنغ (*Panax Pseudoginsong*).

ظهرت ممارسة الإبر الصينية لأول مرة منذ أكثر من 4,500 سنة، فنظراً لتحريم قطع الجسم على العلماء الصينيين لم تتوفر لديهم معلومات دقيقة عن تشريح جسم الإنسان. كان اعتقادهم راسخاً أن الجسم البشري مقسم إلى ثلاث مناطق أسموها «المناطق المتأججة»، وبأن المبدأ الكوني (*الين واليانغ*) يسري في أنحائه عبر 12 قناة؛ ولذلك اعتمدت تقانة العلاج بالإبر الصينية إدخال إبر معدنية باردة أو دافئة خلال الجلد في نقاط معينة من الجسم لها علاقة بالعضو العليل أو الأعضاء العليلة، وهناك المئات من هذه النقاط بحسب نظريات طب الإبر الصينية.

وفي الهند مازال الطب الأيروفيدي المعتمد على كتب الديانة الهندوسية المسماة «الفيدا» (هي أربعة كتب مقدسة عند الهندوس)، مازال هذا الطب ممارساً حتى اليوم، ويعود تاريخه إلى ما قبل حوالي 3,000 سنة. ويهدف الطب الأيروفيدي بالدرجة الأولى إلى الوقاية من الأمراض بوساطة تغيير أسلوب الحياة والعناية بالصحة العامة وممارسة اليوغا. أما على مستوى العلاج من الأمراض يعول هذا الطب



◀ دخل الطب الصيني اليابان حوالي القرن الخامس الميلادي. الصورة لتمثال صغير مصنوع من العاج يعود إلى القرن الثامن عشر أو التاسع عشر، وضعت العلامات المبينة على خطوط طولية كدليل للمعالج عن أماكن إدخال الإبر الصينية عند العلاج.



▲ يصور هذا النقش المصري أمحوتب جالساً على اليسار مع أدوات جراحة في الوسط وكرسي توليد إلى اليمين، وقد عُبد أمحوتب كإله للطب بعد مماته.



◀ يحتمل أن يكون أسكليبيوس شخصاً حقيقياً عاش حوالي عام 1200 ق.م.، لكنه اكتسب مكانة تشبه مكانة الآلهة بعد مماته، وفي هذا التمثال الذي يعود إلى ما بين عام 400 و200 ق.م. يميل أسكليبيوس على عصا يلتف حولها ثعبان، ومازال ثعبان أسكليبيوس المقدس مستخدماً اليوم كعلامة على مهنة الطب الحديث.

على الأعشاب والأملاح المعدنية المعدة وعلى نظام غذائي صحيح، وبذلك فإن ممارسي الطب الأيروفيدي يعالجون الشخص بكامله بدل التعامل مع مرض محدد.

في الأساطير اليونانية أن أسكليبيوس (يعرف أيضاً تحت اسم إسكلابوس وكذلك إسكوبيوس) هو أحد أبناء الإله أبولو. قام على تربية أسكليبيوس أعظم حكماء جنس القنطور (كائن خرافي له جسم حصان ورأس تمثال ويدا إنسان) وهو الحكيم شيرون. علم شيرون أسكليبيوس فنون التداوي، لذلك عبده الإغريق باعتباره إلهاً للتداوي، وبنوا له مئات المعابد عبر اليونان، لكن هذه المعابد كانت بمثابة مستشفيات يزورها المرضى باحثين عن علاج لعللهم. وقد ارتبط اسم أسكليبيوس مع الثعبان نظراً للاعتقاد بظهوره على هذه الهيئة أحيانا، وساد الاعتقاد بان العلاج يتأتى من خلال زيارة أسكليبيوس نفسه (أو الثعبان) للمريض في الحلم، وبناء على ذلك عمد المرضى إلى قضاء ليلتهم في المعبد ليصفوا في اليوم التالي أحلامهم للكهنة الذين يقدمون لهم النصح في ما يجب عليهم فعله للشفاء من أسقامهم.

قد يكون أسكليبيوس شخصاً حقيقياً، وفي هذه الحالة يحتمل أنه عاش في حوالي سنة 1200 ق.م. وبحسب الأساطير، فإن لأسكليبيوس ابنان هما بودالوريس وماتشيون اللذان أصبحا جراحين في الجيش.

بناء الأهرامات

BUILDING THE PYRAMIDS



▲ ساد الاعتقاد في السابق بأن العبيد استخدموا لبناء الأهرامات، لكن الكمال الهندسي لهذه الهياكل لا يمكن تحققه إلا بوجود قوة عمل عالية الحماس تخصص كل أفرادها في مهن محددة، مثل المساح والبناء بالحجر وصناعة الطابوق والإدارة.

تعتبر الأهرامات الكبرى في الجيزة الوحيدة من بين عجائب الدنيا القديمة السبع الباقية كاملة حتى اليوم، ويمثل وجودها بعد 4,500 عام من بنائها شاهداً على عظمة التقانة والإبداع والمهارات التنظيمية للحضارة المصرية القديمة التي بنتها.

يبدو أن الإنسان مدفوع غريزياً لتشييد المباني الشاهقة، كان الهيكل الوحيد الممكن تشييده منذ 4,000 سنة يتمثل في بناء قاعدة عريضة يأخذ ارتفاعها عن سطح الأرض شكل خيمة، ليتوفر بذلك الاتزان اللازم لبقاء الهيكل من ناحية وتسهل وسائل نقل مواد البناء إلى الأعلى من ناحية ثانية. ويحتمل أن الشكل الهرمي المناسب هو تطور طبيعي انبثق من شكل الزقورة: الزقورة معبد على شكل متعدد الطوابق تقل مساحة طبقاته كلما ارتفعنا عن سطح الأرض، شيدته حضارات بلاد فارس وبلاد الرافدين (**السومريون والأشوريون والبابليون**) ما بين عامي 3000 و 500 ق.م. ويحتمل أيضاً أن هذه الزقورات مثلت جبالاً مقدسة أو سلالم تربط الأرض بالسماء حيث تسكن الآلهة. وقد شيدت الزقورات من الداخل باستخدام الطابوق الطيني، بينما يغطي الطوب المشوي سطوحها الخارجية، وغالباً ما يكون الطوب الخارجي مصقولاً بالألوان بشكل متقن، وتتعدد طبقات الزقورة ما بين طابقين إلى سبعة طوابق. ومن أجمل الزقورات زقورة أور(البصرة) في العراق وزقورة ماردوك في بابل الذي يعتقد بأنه الهيكل المشار اليه ببرج بابل في الإنجيل.

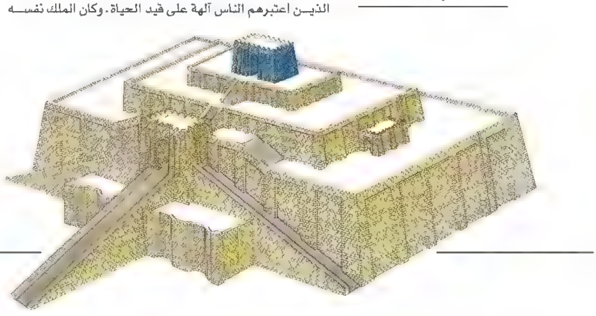
بني أول الأهرامات في مصر في منطقة سقارة حوالي عام 2630 ق.م. تكريماً للملك زوسر (حكم البلاد في الفترة 2630-2611 ق.م). هرم زوسر هو هرم متعدد الدرجات يشبه الزقورة مع فارق مهم إذ أنه شيد من الصخور وليس من الطوب الطيني. خلال 30 سنة طور **المصريون** التصميم وبدؤوا تشييد أهرامات مصقولة السطوح مثل الهرم الأحمر في دهشور والذي يعتبر أول هرم «حقيقي»، وعلى الرغم من الاستمرار في تشييد البناء الداخلي من قطع كبيرة من الحجر لكن التكسية الخارجية بنيت من قطع أصغر حتى يظهر السطح الخارجي أملساً تقر العيون بالنظر إليه.

شيدت الأهرامات كمدافن تخليداً للملوك (أو الفراعنة) الذين اعتبرهم الناس آلهة على قيد الحياة. وكان الملك نفسه يختار موقع بناء الهرم، وتوضع تفاصيل خطط البناء بواسطة الحرفيين المهرة على أوراق البردي (لم يتم اختراع الورق قبل 105 ميلادي). كان موقع البناء يختار في بعض الأحيان بحيث تتوافر فيه خصائص طبيعية، من مثل الطبقات البارزة من المناطق الصخرية. وعلى الرغم من أن مثل هذا الاختيار يعني الحاجة إلى مواد بناء أقل تستورد من أماكن أخرى، إلا أنه سبب صداعاً (معضلة) للمعماريين، إذ إن الأرض غير المنبسطة أصعب في المسح والقياس الدقيق علماً بأن الدقة كانت من الشروط الإلزامية.

جميع أهرامات مصر مبنية على محور الشمال – الجنوب بشكل دقيق، وقد تم هذا الإنجاز قبل اختراع البوصلة المغناطيسية بآلاف السنين، ولذلك استعان المصريون بآلة مسح لتحديد اتجاه الشمال الحقيقي بواسطة النجوم (المترجم: تتكون الآلة من قطعتين، الأولى عصا قصيرة يوجد شق في الطرف السميك منها والأخرى مسطرة شاقولية ويحتاج تحديد اتجاه الشمال بواسطة هذا الجهاز إلى شخصين). ويوضح التماثل الكامل في الأهرامات القائمة أن قدماء المصريين كانت لديهم المعرفة التامة بالهندسة، مما سمح لهم وضع علامات على قاعدة الهرم تشكل، عند توصيلها، مربعاً كاملاً. ولو كانت زوايا تلاقي أضلاع القاعدة أقل بمقدار صغير جداً عن 90° لما تلاقت السطوح الجانبية للهرم عند نقطة سمته، كما أن كمال التماثل كان مطلوباً في كل حجر من أحجار البناء التي شحذها البناؤون المهرة.

لعل أكثر الأسئلة المحيرة لعلماء الآثار عبر السنوات كانت: كيف تمكن البناؤون من نقل الكتل الصخرية ؟ وكيف استطاعوا رفعها إلى هذا العلو الشاهق؟ فالحجارة المستخدمة في بناء الأهرامات الكبرى في الجيزة يبلغ وزن الواحد منها بين 2.5 طناً و15 طناً (2-14 طناً مترياً)، كما رفعت الأحجار التي تشكل القمة مسافة 480 قدماً (147 م) عن سطح الأرض. والجواب على السؤال الأول أن الصخور الطبيعية المتوفرة في الموقع استخدمت إلى أقصى حد ممكن، وكل ما احتاجه البناؤون زيادة على ذلك أتى من أماكن بعيدة على سطح مراكب عبر نهر النيل. ولنقل الأحجار إلى هذا العلو استخدم المصريون سطوحاً مائلة – إذا كانت زاوية الميل صغيرة يصبح بالإمكان سحب الكتل الحجرية على زلاقات خشبية. وعندما تصل الأحجار إلى الارتفاع المطلوب استخدم البناؤون رافعات مصنوعة من الخشب والبرونز للتحكم فيها وتثبيتها في أماكنها.

لكن شكل السطوح المائلة التي استخدمت مازال محل جدل،



◀ شيدت زقورة أور حوالي عام 2100 ق. م. تحت قيادة الملك السومري أور نامو، واحتوت الطبقة السفلى فقط على 7 ملايين قطعة من أحجار الطوب، صنعت جميعها يدوياً وتركت لتجف تحت أشعة الشمس.

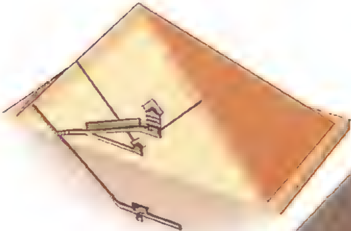
تواريخ مفصلية

2630 ق.م. بناء أول هرم في مصر في منطقة سقارة.

2600 ق.م. بناء أول هرم حقيقي المعروف بالهرم الأحمر في منطقة دهشور.

2550 ق.م. الانتهاء من بناء الهرم الأكبر في الجيزة.

2250 ق.م. انتهاء بناء هرم لفرعون بيبي الثاني (نفركارع) في منطقة سقارة.



▲ توضح الصورة المقطعة أن الهيكل الداخلي للهرم أكثر تعقيداً من الهيكل الخارجي محتوياً نظاماً للغرف وأنفاقاً، علاوة على نظام تهوية.



◄ بُني الهيكل الداخلي للأهرامات باستخدام كتل كبيرة من الأحجار المنحوتة. وبعد إتمام بنائها كُسيت الأسطح الخارجية بكتل صخرية أصغر، وخلال عمليات التكسية، من السمت إلى الأسفل، عمد البناؤون إلى إزالة السقالات والسطوح المائلة.

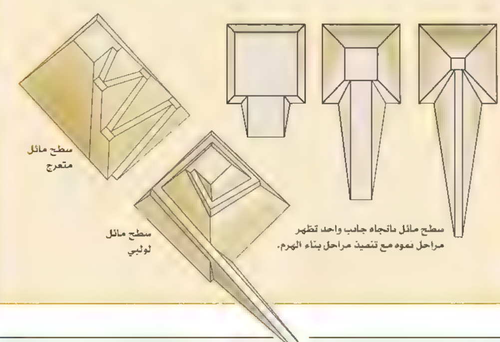
والاحتمال الأكبر أن المصريين استخدموا أشكالاً مختلفة من السطوح المائلة، فبعضها كان مستوياً والبعض الآخر متعرجاً والنوع الثالث ارتفع عن سطح الأرض تدريجياً بشكل حلزوني ولا شك أن التصميم الهندسي للسطوح المائلة كان بحد ذاته فذاً مثيراً للإعجاب.

أما قطع الأحجار الأصغر، التي استخدمت لتكسية السطوح الخارجية، فيحتمل أنها رفعت إلى مواضعها باستخدام رافعات ميكانيكية. وقد استعرض المؤرخ الإغريقي هيرودوتس وصفاً لمثل هذه الرافعات، لكنه وصف مختصر جداً لا تمثل أدلة معمارية تبين لنا كيفية عمل هذه الرافعات.

على الرغم من أن التقدم التكنولوجي لعب دوراً محورياً في تشييد الأهرامات، لكن السر الحقيقي لنجاح قدماء المصريين يكمن في الهيكل التنظيمي لعدد كبير جداً من القوى العاملة. ويتراوح تقدير عدد العاملين في بناء الأهرامات ما بين بضعة ألوف وحتى 100,000 عامل. وبشكل عام يتناقص العدد المحتمل مع زيادة معارفنا عن التكنولوجيا المصرية والمهارات التنظيمية للمصريين، كما أن من غير المحتمل أن العبيد شكلوا قوام القوى العاملة، فهناك دلائل آركيولوجية موثوقة حديثة تشير إلى وجود مجتمع مزدهر مركزه موقع بناء الأهرامات وفر السكن والخدمات الأخرى لعدد كبير من القوى العاملة المتخصصة.

السطوح المائلة، لماذا؟

شيدت أبسط السطوح المائلة باتجاه الأهرامات. لكن، وحتى تكون زاوية الميل صغيرة لابد أنها كانت غاية في الطول وتحتوي مواد بناء تساوي كتلتها الكمية اللازمة لبناء الهرم نفسه، وفي المقابل فإن التصاميم المتعرجة والحلزونية تحتوي موادا أقل، لكنها هياكل أكثر تعقيدا.



العلوم SCIENCE

2400 ق.م. يستأنس **المصريون** أنواعاً مختلفة من القطط، اعتبر الناس بعضها مقدساً فحنطوها بعد أن نفقت وحولوها إلى مومياءات.

2300 ق.م. يرصد الفلكيون في بابل الشهب ويدرسونها، كما يتتبعون التجمعات النجمية.

2300 ق.م. تربية الأوز في الشرق الأوسط للحصول على بيضها كغذاء.

2296 ق.م. يسجل الفلكيون **الصينيون** مرور مذنب.

2000 ق.م. يضع علماء الرياضيات في بابل نظاماً للأعداد تعتمد فيه قيمة العدد على موضع الرمز المصاحب له مستخدمين العدد 60 أساساً للنظام.

2000 ق.م. استئناس الخنزير البري (خنزير غينيا) في بيرو كمصدر للغذاء .

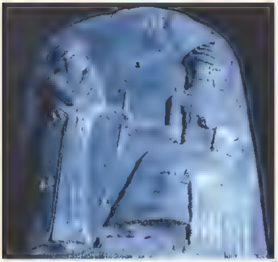
2000 ق.م. يصبح الطب المبني على التنجيم علماً مهماً في سوريا وبلاد بابل. تبين البيانات الموثقة على الألواح الطينية وصفات للمراهم والكمادات المستخدمة.

2000 ق.م. يأمر الأباطرة **الصينيون** بوضع بعض الحيوانات المتوحشة في الأسر وينشئون أول حديقة حيوان عامة تعرف بحديقة الذكاء.

2000 ق.م. يزرع المزارعون في بلاد فارس (إيران حاليا) البرسيم الحجازي (نبات الفصة) لإطعام حيواناتهم المستأنسة من مثل الأبقار والماعز والنعاج.

1800 ق.م. اكتشاف علماء الرياضيات في بلاد الرافدين لما يعرف اليوم بنظرية فيثاغورث. (تُعنى النظرية بالعلاقة بين أطوال أضلاع مثلث قائم الزاوية).

1750 ق.م. يفوض الملك البابلي حامورابي الفلكيين بإعداد أطلس للنجوم والكواكب.



*خلّد التاريخ الملك **البابلي حمورابي** (الجالس على اليمين) لوضعه أول مدونة قانونية مكتوبة. كما أنه شجع العلم، وخاصة العلوم الفلكية.*

التكنولوجيا TECHNOLOGY

2500 ق.م. يبتكر **السومريون** في مدينة أور (البصرة حاليا) أسلوباً للحم صفائح الذهب.

2500 ق.م. ظهور تعدين خامات القصدير وصهره في مدينة جولتيب (في تركيا حاليا). وينتشر استخدامه لتصنيع سبائك البرونز بخلطه مع النحاس.

2490 ق.م. يشيد **المصريون** معبد دفن الفرعون منقرع، وهو أصغر أهرامات الجيزة الثلاثة.

2400 ق.م. اختراع الباراسول (مظلة خفيفة للوقاية من الشمس) في بلاد الرافدين.

2400 ق.م. تستخدم شعوب بلاد الرافدين القطران، قار ينساب من الأرض قرب منابع النفط، لطلاء الأبنية والقوارب لحمايتها من تسرب المياه، كما أنهم يخلطونه مع الرمل لتصنيع المستكة (اللبان) واستخدامه مادة بناء.

2300 ق.م. يصنع **المصريون** النبيذ من العنب المزروع، ولتطوير (أو إخفاء) النكهة يضيفون الراتنج الشبيه بالتربنتين، وينتج عن هذه العملية نبيذ يحتمل أنه قريب النكهة من نبيذ ريتسينا اليوناني والقبرصي.

الستونهنج نصب صخري شامخ (مشيّد من مجموعة كبيرة من الأحجار الضخمة) يرتفع على سهول سالزبري في جنوب إنجلترا، شيد الهيكل على مراحل ثلاث بدءاً من حوالي عام 3100 ق.م. ونصبت الصخور في وضعها العمودي في حوالي عام 2300 ق.م.، ووصلت مع بعضها من الأعلى بعوارض أفقية لتشكل دائرة يبلغ قطرها 100 قدم (30 م) تقريبا. ولابد أن سحب هذه الصخور إلى مواضعها استغرق عدة أعوام واحتاج إلى مئات العمال، ولا يعرف بالتحديد الهدف من بناء الهيكل، لكن يحتمل أنه كان معبداً متصلاً بعبادة الشمس والقمر.



يبدو أن الصخور الرملية الكبيرة تم تشكيلها في موقع آخر ومن ثم سحبت لتستقر في مواضعها النهائية. تبلغ كتلة الحجر الواحد قرابة 28 طناً (25 طناً مترياً)، واستخدم العمال الحبال والروافع والدعامات لسحبها. علاوة على ذلك، أسندت قواعد الصخور بعد نصبها عمودياً بأحجار أصغر وبترتيب دائري بهدف دعم استقرارها.

بدأ تشييد الستونهنج بتحديد دائرة باستخدام الطبشور (الكلس) ومن ثم حفرت حلقة من الفجوات داخلها (1). في المرحلة الثانية أضيفت تراكيب خشبية إلى الحفرة. أما المرحلة الثالثة فتتكون من ثلاثة أجزاء: في الجزء الأول نصبت صخور زرقاء صغيرة على شكل هلالين في مركز الدائرة، وقد تم إزالة هذه الصخور فيما بعد واستبدالها بدائرة من صخور السارتش (صخر رملي طبيعي) منتصبة بشكل عمودي تتصل مع بعضها بعوارض، مشكلة بذلك دائرة خارجية تحيط بخمسة أزواج من الصخور المنتصبة مرتبة على شكل حدوة حصان (2). تم خلال هذه المرحلة أيضاً حفر أخدودين (شارعين) متوازيين يتجهان بعيداً عن موقع الحفر، كما نصبت صخرتان قرب مدخلي الشارعين. أعيد ترتيب الصخور الزرقاء لتشكل دائرة داخلية وحدوة حصان على نحو مطابق تماماً لترتيب أحجار السارتش (3). ويبدو أن الجزء الأخير من هذه المرحلة تم الاستغناء عنه، إذ إن هناك مجموعة من الثقوب المحفورة خارج الدائرة الرئيسة، لكنها لم تستخدم أبدا.

انظر أيضا الكتابة والأعداد **1**: 24-25؛ الطب القديم **1**: 30-31؛ استخدام المعادن **1**: 38-39؛ الأهرامات الميزو - الأمريكية **2**: 12-13

العلوم SCIENCE

1700 ق.م. تطور الشعوب في سوريا نظاماً هجائياً يحتوي على 30 رمزاً، يمثل كل رمز صوتا مختلفا.

1650 ق.م. يتوصل علماء الرياضيات **المصريون** إلى حل بعض المعادلات البسيطة، كما تشير إلى ذلك مجموعة أوراق البردي المعروفة بأوراق بردي - رهند، نسبة إلى مكتشفها عالم المصريات الأسكتلندي ألكساندر رهند (1833-63). اكتشفت الأوراق عام 1858.

1600 ق.م. يرصد المنجمون في بابل البروج السماوية، المسار الذي تتخذه الشمس والقمر وكواكب المجموعة الشمسية (باستثناء كوكب بلوتو) في حركتها عبر السماء.



تبين هذه المزهرية الإغريقية مجموعة من الناس يقطفون الزيتون في جزيرة كريت، حيث زرع لأول مرة في حوالي عام 1600 ق.م.

1600 ق.م. زراعة الزيتون في جزيرة كريت في البحر الأبيض المتوسط، ويقوم الناس بطحنه (بما في ذلك النوى) لصنع زيت الزيتون لتصديره إلى الخارج.

1550 ق.م. تشرح مجموعة أوراق البردي المعروفة ببردي إيبرس - نسبة إلى عالم المصريات الألماني جورج إيبرس (1837-98) ممارسة الطب المصري وتعطي تفصيلاً لـ 700 ترياقٍ ومواد طبية أخرى.



اخترع المصريون الشادوف في حوالي 1500 ق.م. وانتشر استعماله لرفع الماء في منطقة الشرق الأوسط خلال فترة وجيزة.

التكنولوجيا TECHNOLOGY

2300 ق.م. رسم أول خريطة لمنطقة غوسور في مدينة نوزي (حاليا بيورغان تيب في شمال العراق) على لوح طيني، وتوضح الخريطة منطقة يبدو أنها إقطاعية أحد النبلاء.

2300 ق.م. يضع الملك الأكدي سرجون الأول في بلاد الرافدين (حكم حوالي 2334 ق.م.- 2279 ق.م.) خريطة لمملكته بهدف حساب الضرائب التي يجب تحصيلها.

2300 ق.م. بدء العمل في الجزء الرئيس من نصب الستونهنج، أحجار ضخمة موضوعة بشكل رأسي على محيط دائرة، على سهل سالزبري في إنجلترا.

2200 ق.م. يعود تاريخ أقدم نصل خنجر من الحديد مكتشف إلى هذا العهد، اكتشف الخنجر في منطقة ألاكا هيوك في الأناضول (تركيا حاليا) ويثبت الاكتشاف استخدام الحديد في تلك الحقبة لأغراض أخرى غير غرض الزخرفة والزينة.

2100 ق.م. يشيد البابليون نفقاً تحت نهر الفرات. واعتماداً على بعض الروايات فإن الملكة البابلية شبه الاسطورية سمير أميس بنت النفق بنفسها.

2100 ق.م. يشيد **السومريون** الزقورة (معبد) قرب مدينة أور (البصرة حاليا) مستخدمين الطوب الطيني المجفف في بنائها.

2000 ق.م. تبدأ نساء بلاد الرافدين تصنيع العطور.

2000 ق.م. يطور المهندسون **المصريون** في الجيش المصري منصة إطلاق متنقلة على شكل مستوى مائل.

2000 ق.م. يبتكر **المصريون** المرايا المعدنية المصنوعة من البرونز المصقول.

2000 ق.م. يستخدم **المصريون** والبابليون العجلات الشعاعية، المتصلة بمحاور، لتسيير عرباتهم، كما يستخدمون اللجام للتحكم في الجياد.

2000 ق.م. يخترع الصناع المصريون مثقاباً ذا قوس لحفر الصخور.

2000 ق.م. بدء تعدين النحاس في منطقة البحيرات الكبرى في أمريكا الشمالية.

1950 ق.م. يصنع المزارعون في فلسطين محاريث ذات شفراتٍ مصنوعةٍ من الحديد.

1750 ق.م. تشيد شعوب التجمعات السكانية في لا فلوريدا في وادي نهر ريماك في بيرو قناة طويلة لري أراضيهم الزراعية.

1600 ق.م. استخدام الكير (المنفاخ) في الصناعات المعدنية والزجاجية في بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط.

1550 ق.م. يصنع المزارعون في جنوب شرق آسيا شفرات حراثة مصنوعة من البرونز.

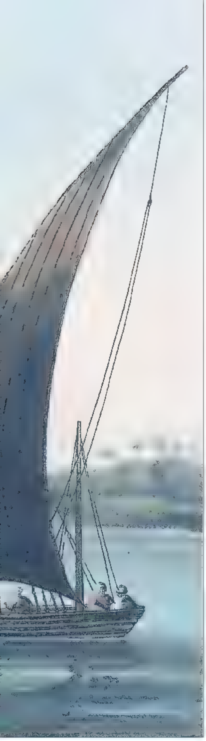
1500 ق.م. يخترع **المصريون** الشادوف - دلو يتصل بذراع رافعة - لرفع المياه من الآبار أو الحفر أو الأنهار.

1500 ق.م. بناء حمامات تصلها مياه جارية داخل قصر مينوس في جزيرة كريت في البحر المتوسط.

1500 ق.م. يستخدم الصناع **المصريون** المبرد المصنوع من البرونز لتشكيل الأشياء.

1500 ق.م. ازدهار حضارة الأولمك على سهول غلف كوست في أمريكا الوسطى، حيث يشيدون مجمعات الأهرامات والمعابد.

1500 ق.م. ينتج المكسيكيون الألعاب ذات العجلات.



القوارب الأولى THE FIRST BOATS

لعل أول قارب صنعه الإنسان كان جذع شجرة سقط في الماء فجرفه التيار – قارب مثالي للسفر مع اتجاه حركة تيار الماء. ولزيادة التوازن ولحمل عدد أكبر من الركاب وحمولة أكبر ربط الإنسان جذوعاً مع بعضها مستخدماً ألياف الكروم ومن ثم الحبال فصنع بذلك الرمث (الطوف)، كما أن إضافة أكياس منفوخة أو بعض القرع المغلف أو حتى الأواني أضافت قوة دفع إلى الأعلى، ثم تطور الأمر بإضافة المجاديف ودواسات القدم مما وفر للإنسان قدراً من التحكم في هذه القوارب البدائية.



▲ القرقل قارب كانو مستدير الشكل ويصنع بمد جلود الحيوانات على إطار خشبي خفيف. وتذهب الأساطير إلى أن الراهب الإيرلندي القديس برندان (484 577) أبحر عبر المحيط الأطلسي إلى امريكا الشمالية باستخدام قارب بدائي من هذا النوع.

يعتبر الكانو المصنوع من جذوع الشجر أول قارب بني لهدف محدد، وتم تصنيع الكانو بتجويف جذع الشجر باستخدام فأس أو قدوم (فأس يكون نصله عمودياً على خشبة اليد). ويرجع تاريخ أقدم قارب شجري مكتشف إلى عام 6300 ق.م.، والذي اكتشف في هولندا. كانت الخطوة التالية أن تعلم بنّاؤو القوارب مد لحاء الشجر أو الجلود على هيكل خشبي خفيف مستخدمين الراتنج أو القطران لجعل جسم القارب عازلاً للماء. وقد استخدم **الامريكيون الأصليون** (الهنود الحمر) والويلزيون هذا الأسلوب لبناء الكانو والقرقل (زورق صغير يُغطى بدنه بالجلد) الخفيفين، وأضافت المجاديف قوة دفع، ومن ثم جاء تطور آخر باختراع **المصريين** الشراع في حوالي عام 3500 ق.م.

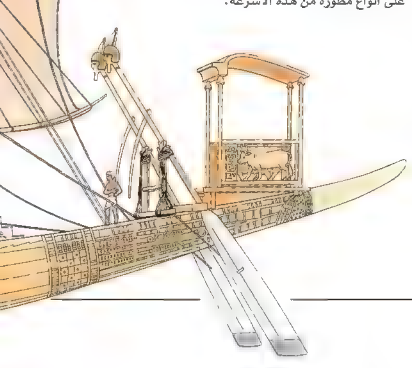
استخدم **المصريون** في البداية قصب البردي لبناء أبدان سفنهم، لكنهم استعملوا فيما بعد (حوالي عام 4000 ق.م.) ألواحاً خشبية ربطوها مع بعضها بواسطة أحزمة جلدية أو ألياف البردي. كانت صواري أولى القوارب الشراعية مربعة الشكل وبحيث يوضع الشراع في اتجاه متعامد تقريباً مع اتجاه حركة السفينة. كان هذا التصميم مناسباً طالما كانت الرحلة مع اتجاه حركة الريح، واستعمله المصريون وشعوب البحر الأبيض المتوسط بل وحتى الفايكنج (شعوب شمال أوروبا) لقرون عديدة. ويتم التحكم في مسار حركة القارب باستخدام مجداف أو مجدافين طويلين موضوعين في المؤخرة. وبشكل عام، كان عرض الشراع أكبر من طوله ويمكن التحكم في زاويته قليلاً باستخدام حبال مثبتة بالعارضة من جانبيه العلوي والسفلي. وفي الغالب كان سطح مقدمة السفينة، وكذلك مؤخرتها، أعلى من سطح وسطها. شكل سطح مؤخرة السفينة مكان جلوس المسافرين بينما يحتل طاقم القيادة مقدمتها. كانت بعض القوارب كبيرة جداً، إذ اكتشف مركب مدفون قرب قبر في مصر يرجع تاريخه إلى حوالي عام 2500 ق.م. طوله 140 قدما (43 م) وقد شيد باستخدام أكثر من 1200 قطعة منفصلة من خشب الأرز. ويحتمل أنه نظراً لافتقار القدرة على التحكم في القوارب ذات الأشرعة المربعة، عمد المصريون إلى تركها مستخدمين بدلاً منها قوارب مزودة بصفوف من المجاديف لتوفير قوة الدفع. وفي حوالي عام 700 ق.م. استخدم **الفينيقيون** قوارب تعرف بالبيريم مزودة بصفين من المجاديف، كما أنهم زودوا قواربهم بثلاثة صفوف من المجاديف في حوالي عام 650 ق.م. (يسمى هذا النوع بالترايريم).

بحلول القرن الأول الميلادي اخترع **الصينيون** الدفة، عارضة خشبية قابلة للدوران حول محور وتعتبر ركناً رئيساً في القارب، كما أنهم اخترعوا الشراع المجدول وكذلك الشراع ذا العوارض الخشبية، حيث تُنشر على الصارية عددٌ من الأشرعة مفصولة عن بعضها بعوارض خشبية ومازال بالإمكان رؤية هذا النوع من الأشرعه في محلات الخردوات الصينية. من جانب آخر يعتبر اختراع **العرب** لشراع اللاتين المثلث الشكل في القرن الثالث الميلادي اختراقاً في مجال تكنولوجيا وتطور بناء القوارب والسفن. يمكن إدارة شراع اللاتين بزاوية مناسبة «قريبة من اتجاه الريح»، وبمعنى آخر يمكن بلوغ سرعة مناسبة دون الحاجة إلى أن يضرب الريح الشراع من الخلف. وتستخدم الأبوام العربية حتى يومنا هذا أشرعة مثلثة الشكل، وبمثل هذه السفن استكشف العرب السواحل الشرقية لإفريقيا وحتى جنوبها إلى رأس الرجاء الصالح، بل يحتمل أنهم استكشفوا مناطق أبعد من ذلك.

كما أن بحارة شعوب البحر الأبيض المتوسط تبنوا أشرعة اللاتين بالإضافة إلى الشراع المربع المرتفع فوق الصارية الرئيسة للمركب. فعلى سبيل المثال، تتكون أشرعة سفينة الكرافل من شراعين مربعي الشكل وآخرين مثلثي الشكل. واعتمدت الملاحم الاستكشافية الإسبانية والبرتغالية فيما بعد على أنواع مطورة من هذه الأشرعة.

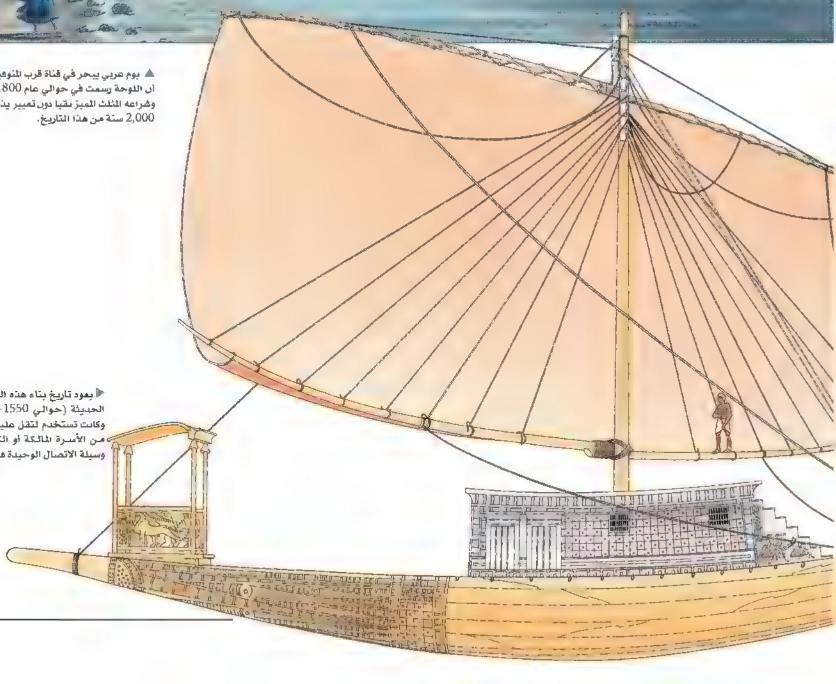
تواريخ مفصلية

6300 ق.م.	الزورق الشجري (زورق مصنوع بتجويف جذع شجرة).
4000 ق.م.	المصريون يثبتون ألواحاً من الخشب مع بعضها لبناء القوارب.
3000 ق.م.	الشراع المصري.
حوالي **700** ق.م.	البيريم (ثنائي المجاديف).
650 ق.م.	الترايريم (ثلاثي المجاديف).
القرن الأول ميلادي	اختراع الدفة.
القرن الثالث ميلادي	شراع اللاتين (المثلث الشكل).





▲ بوم عربي يبحر في قناة قرب المنوفية في مصر. وعلى الرغم أن اللوحة رسمت في حوالي عام 1800 بعد الميلاد، لكن المركب وشراعه المثلث المميز بقيا دون تغيير يذكر منذ اختراع البوم قبل 2,000 سنة من هذا التاريخ.



◀ يعود تاريخ بناء هذه السفينة إلى عهد المملكة الحديثة (حوالي 1550-1070 ق.م.) في مصر وكانت تستخدم لنقل علية القوم – يحتمل أنهم من الأسرة المالكة أو الكهنة – عبر نهر النيل، وسيلة الاتصال الوحيدة في البلاد.

USING METALS

استخدام المعادن

مايسيني مدينة يعود تأسيسها إلى فترة ما قبل التاريخ موقعها جنوب اليونان غرب أثينا. ويصفها الشاعر هومر بالمدينة الذهبية. عندما حفر علماء الآثار الأوروبيون عدداً من القبور فيها اكتشفوا سيوفاً برونزية وخناجر بالإضافة إلى نفائس متقنة أخرى. ومن أروع الأشياء المكتشفة كأس ذهبية تعرف بكأس نيستور والتي صنعت ما بين عامي 1600 و 1500 ق.م.



▲ خوذة – برونزية على نمط الخوذ البيوتينية أو الكورنثينية كان يلبسها الجنود الإغريق، تحمي الخوذة الراس وبها فتحات للأنف والعينين فقط، ويعلو رأس الخوذة في النموذج الأصلي عُرف مصنوعٌ من شعر الجياد حتى يبدو الجندي أطول قامة أمام أعدائه.

حكم مدينة مايسيني في فترة ما أجاممنون الملك الذي هاجم طروادة والتي كان يحكمها برايم (والد هكتور وبارس). وقد وجد علماء الآثار عند حفرهم موقع مدينة طروادة قبراً يعود تاريخه إلى ما لا يزيد عن عام 2000 ق.م. يضم ما يعرف اليوم بكنز برايم. ويضم الكنز حلياً وأواني مفضضة وزخارف مثبتة كلها على كأس فضية.

كما صنع **المصريون** حلياً ذهبية، فقناع توت عنخ آمون، الملك الصبي الذي حكم مصر في الفترة 1333 – 1323 ق.م.، مصنوع من الذهب ومطعم باللازورد (حجر شبه كريم سماوي اللون). وقد عثر على الكثير من الأواني والأقنعة والأسلحة والحلي المستخدمة في الاحتفالات، مصنوعة كلها من الذهب والفضة، في مناطق عدة من شرق البحر الأبيض المتوسط والشرق الأدنى. والكثير من هذه المستكشفات على مستوى عالٍ من الاتقان. في حوالي عام 1600 ق.م. كان الحرفيون المايسينيون يصنعون أنصال الخناجر من البرونز المطعم بالذهب والإلكتروم (سبيكة من الذهب والفضة) والفضة والنل (مادة سوداء تتكون من خليط من الكبريت والفضة أو الرصاص أو النحاس).

يوجد الذهب والفضة بشكل طبيعي، ويعني ذلك إمكانية استخلاص شذرات المعادن هذه من الصخور كما يمكن إيجادها على السطوح الرملية والحصى الموجودة على ضفاف الأنهار. وبالإمكان نخل شذرات الذهب لتجميعها. لكن الذهب، سواءً أكان خالصاً أم مخلوطاً بالفضة لتشكيل سبيكة الكروم، معدن طري لا يصلح لصنع الأدوات أو الأسلحة. وبذلك اعتبر الذهب والفضة من بين المواد التي تستخدم لأغراض الزخرفة والزينة فحسب.

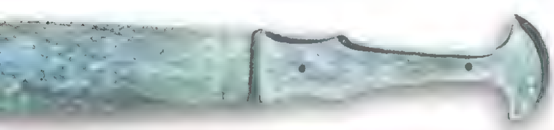
لكن النحاس يختلف عن ذلك، فالطرق لا يصهر شذراته، وحتى يمكن صنع أشياء مفيدة من النحاس يجب صهر كتله ومن ثم صب الصهير في قوالب. ويؤدي الطرق بعد ذلك إلى جعله أكثر صلابة لصناعة نصال مشحوذة حادة الحواف. وقد صنع المصريون الأدوات والأسلحة النحاسية منذ حوالي عام 5000 ق.م.، كما أن البلقانيين استعلموا فؤوساً مصنوعة من النحاس قبل عام 3000 ق.م. وبمحض الصدفة اكتشف الإنسان في ذلك الوقت تقريباً أن صهر النحاس مع خلطه بنوع معين من الحصى الزرقاء البراقة ورفع درجة حرارة الخليط إلى حد احمرار الحصى ينتج كمية أكبر من النحاس. ومع هذا الاكتشاف بدأ الإنسان استخراج المعادن من خاماتها، وفي حالة النحاس من حجر اللازورد.

تحتوي خامات المعادن على أكثر من معدنٍ واحد، وفي زمن ما بعد عام 4000 ق.م. مزج الإنسان القليل من القصدير مع النحاس. ويبدو أن الأمر حدث صدفة في البداية عندما استخدم بعض الحدادين خام الأستانيت، وهو خام نادر يتكون من خليط من النحاس والقصدير والحديد. تسمى سبيكة النحاس والقصدير البرونز وتتميز بصلابة أكبر من النحاس الخالص، كما أن الأشياء المصنوعة من البرونز تتميز بحواف حادة تحتفظ بصفاتها لمدة أطول من الحواف الحادة المصنوعة من النحاس. استخدم البرونز لأول مرة في المنطقة الجنوبية من العراق حالياً وذلك ما بين عامي 3200 ق.م و 2500 ق.م. وانتشر استخدامه بعد ذلك عبر الشرق الأوسط وأوروبا وكذلك الصين، على ما يعتقد. وبهذا التحول أفل نجم العصر النحاسي ليبزغ فجر العصر البرونزي.

الحديد أيضا موجود في الطبيعة، فبعض زخات الشهب المتساقطة على الأرض تتكون بشكل رئيس من الحديد. وبصهر هذه الكتل المتساقطة يمكن استخلاص الحديد منها. لكن زخات الشهب المتساقطة نادرة وبذلك يصعب الحصول على الحديد بكميات كافية. وعلى الرغم من توافر خام الهمتيت بغزارة في الطبيعة إلا أن عملية استخلاص الحديد منه عملية أكثر تعقيداً. فالنحاس ينصهر عند درجة حرارة تبلغ (1,083.4 °C) 1,982.12 °F بينما تبلغ درجة انصهار الحديد(1,535 °C) 2,795 °F وهي درجة حرارة يصعب بلوغها. وينتج عن صهر خام الهمتيت كتل إسفنجية من الحديد كروية الشكل مخلوطة بمخلفات تعرف بالخث. وللحصول على حديد قابل للتصنيع يجب تكرار الصهر والطرق للمنتج من الخام مرات عدة. لكن، على الرغم من ذلك أنتجت شعوب جنوب الهند الحديد في حوالي عام 2000 ق.م. اكتشف خنجر ذو نصلٍ حديدي في منطقة الاكا هيوك في الأناضول (تركيا حاليا) يعود إلى حوالي عام 2200 ق.م.، لكن يبدو أنه كان يستخدم لأغراض احتفالية نظراً لارتفاع سعره. وفي حوالي عام 1400 ق.م. أصبح الحديد معدناً مهماً **للحثيين** (شعب كنعاني فتح آسيا الصغرى وسوريا) ومن ثم انتشر استخدامه في أوروبا في حوالي سنة 1000 ق.م.

ونظرا لليونة الحديد فإن السيوف ذات الأنصال الحديدية تحتاج إلى التقويم بعد كل ضربة، وبذلك لم يكن الحديد في البداية منافساً للبرونز. كان الفحم النباتي الوقود المستخدم لصهر الحديد، ولاحظ الحدادون صدفة أن إبقاء الحديد المتوهج فترة طويلة تحت نار وقودها الفحم النباتي أنتج حديداً

▼ سيف برونزي يعود تاريخه إلى ما بين عامي 1400 – 1100 ق.م.، ويحتمل أن يكون مصدره كرمنشاه في غرب إيران، حفر على السيف بالنظام المسماري «مُلك شارماش – كيلاني، مخصي الملك».



تواريخ مفصلية

حوالي عام 5000 ق.م. تصنيع الأسلحة والأدوات في مصر باستخدام النحاس.

حوالي عام 3200 ق.م. إنتاج البرونز في الشرق الأوسط.

حوالي عام 2000 ق.م. إنتاج الحديد في جنوب الهند.

حوالي عام 1600 ق.م. المايسينيون يصنعون خناجر من البرونز مطعمة بالذهب والفضة.

حوالي عام 200 ق.م. أول إنتاج للفولاذ.

انظر ايضا الكتابة والأعداد 1: 24-25؛ المعابد والقبور الإغريقية 2: 8-9؛ صهر المعادن 2: 32-33



▲ لوحة داخلية تشكل خلفية عرش الفرعون المصري توت عنخ آمون. طلي العرش بأكمله بالذهب، وتبين الصورة الملك مع ملكته عنخ إسن آمون، ولون الأشخاص والعرش وبعض الأشياء الأخرى في الصورة.

أكثر صلابة. وتفسير ذلك (كما نعرفه اليوم) أن امتصاص الحديد لذرات الكربون من الفحم النباتي يحولها إلى فولاذ، ويمكن رفع درجة صلابة الفولاذ بغطسه في الماء عندما يكون متوهجا. أول من صنع الفولاذ هم الهنود خلال القرن الثالث قبل الميلاد حيث انتشر تصديره من هناك. ويبدو أن القصص الأسطورية حول بعض السيوف الخاصة تشير إلى النصال الفولاذية الأكثر صلابة ورهافة مقارنة بالسيوف المصنوعة من البرونز.

السبائك

تشكل السبائك بخلط معدنيين او أكثر مع شوائب من عناصر أخرى غالبا. ولتصنيع السبيكة تفصل المعادن المكونة لها من خاماتها ثم تخلط بنسب محددة وأخيراً يصهر الخليط ؛ تختلف خصائص السبيكة عن خصائص المعادن الأصلية الداخلة في تركيبها. ويعتبر البرونز أول سبيكة عرفها الإنسان ودلك بمزج النحاس مع القصدير، ويحتوي البرونز المثالي (الأفضل) 89 بالمئة نحاساً و 10 بالمئة قصديراً والنسبة المتبقية من معادن أخرى.



العلوم SCIENCE

1500 ق.م. يصنع **الصينيون** البيرة، كما أن شعوباً آسيوية مختلفة تنتج الكحول (للشرب) بتقطير النبيذ.

1450 ق.م. تزرع شعوب منشوريا في الصين فول الصويا وتأكله طازجاً أو تخزنه بعد تجفيفه للاستهلاك في الشتاء. كما تتركه دون قطف لتزهر وتجني براعمه للأكل أو لتصنيع صلصة الصويا بالتخمير.

1400ق.م. يزرع الفلاحون في أمريكا الجنوبية المنيهوت.

1361ق.م. يسجل الفلكيون **الصينيون** حدوث كسوف شمسي.

1360 ق.م. يضع علماء الرياضيات **الصينيون** نظاماً للحساب لا يعتمد رمز العدد فيه على موضعه (لا يحتوي النظام على العدد صفر). واستند النظام إلى عمليات الضرب (مثلاً، يكتب العدد 300 بوضع الرمز للعدد 3 إلى جانب الرمز للعدد 100) وعمليات الجمع (مثلاً، العدد 1,975 يكتب بجمع الرموز للأعداد الدالة على الأعداد (1,000 + 900 + 70 + 5).

1350 ق.م. يتوصل المزارعون **الصينيون** إلى زراعة أكثر من غلة في السنة الواحدة على قطعة الأرض نفسها.



1350 ق.م. تصف صحيفة **مصرية** أعراض مرض الجذام.

1200 ق.م. يشيد الفلكيون في بابل جهازاً لتحديد التاريخ الذي يظهر فيه نجم ما جنوبي مرصدهم.

1000 ق.م. ترعى شعوب سيبيريا في شمال روسيا قطعاناً مستأنسة من حيوان الرنة (نوع من الأيل).

1000 ق.م. استحداث التقويم الهندي ذي الـ 360 يوما (12 شهرا قمريا طول كل منها 27 أو 28 يوما).

التكنولوجيا TECHNOLOGY

1500 ق.م. يتعلم شعب ميتاني في أرمينيا (في غرب آسيا) آلية صهر الحديد من خاماته، ويأخذ عنهم **الحثيون** التقنية بعد غزوهم عام 1370 ق.م.

1500 ق.م. يشيد المهندسون **المصريون** سداً في وادي نهر العاصي (أورانتي) لبناء بحيرة اصطناعية بمساحة 19 ميلاً مربعا (50 كم^2).

1500 ق.م. يخترع الإيجيون في اليونان آلة كبس لعصر العنب لصنع النبيذ والحصول على زيت الزيتون بعصر الزيتون. تتكون العصارة من ثقل متصل بذراع.

1500 ق.م. ينشئ الحرفيون في مصر مطحنة عامة لطحن الحبوب (كان الناس قبل ذلك يقومون بطحن الدقيق في البيوت كلما احتاجوا لذلك).

تتكون الساعة المائية المصرية من وعاء فخاري به ثقب في قاعه. ويدل مستوى الماء في الوعاء على الوقت المبين بعلامات محفورة على الوعاء مسبقا.

1450 ق.م. يبتكر **المصريون** الساعة المائية التي تتكون من وعاء به ثقب في أسفله، يتم تحديد الزمن بمعدل تدفق الماء من الثقب.

في آلة الكبس القديمة (المبينة) من فلسطين تؤدي حركة الرحى المتصلة بعمود إلى عصر الزيت من الزيتون. بالإضافة إلى ذلك يمكن للعامل أن يدحرج الرحى حول القاعدة السفلية للحصول على مزيد من الزيت.



1450 ق.م. لحمل المسلات الصخرية الكبيرة عبر نهر النيل يشيد الصناع **المصريون** بوارج تبلغ أطوالها 200 قدم (61 م) – وهي أكبر بوارج حمل مصنوعة حتى الآن.

1450 ق.م. يطور المزارعون في **بلاد الرافدين** نظاماً لزرع الحبوب باستخدام أنبوب متصل بقمع، تنزلق البذور عبر الأنبوب لتسكن في الحفرة التي يحدثها الأنبوب.

1400 ق.م. الانتهاء من المرحلة الأخيرة من بناء نصب الستونهنج في جنوب إنجلترا.

1350 ق.م. يتوصل الصناع **المصريون** إلى طريقة للحم الحديد في الوقت نفسه الذي يبدأ فيه **الحثيون** باستخدامه. تتسارع وتيرة صناعة الحديد في الهند في حوالي 1200 ق.م. وفي أوروبا عام 1000 ق.م. تقريبا.

1200 ق.م. يستخدم الصيادون في بيرو الطوافات والقوارب المصنوعة من النباتات القصبية (*كابايتو*) للصيد في عرض البحر .

1200 ق.م. يشكل النحاتون الأولميون في ميزوأمريكا (جنوب أمريكا) هياكل على هيئة البشر والحيوانات ومجسمات ضخمة لرؤوس بشرية في موقع في لافنتا وفي سان لورنزو على مقربة من الغلف كوست. وبحلول عام 900 ق.م. يُدمر الكثير من المنحوتات بدوافع دينية.

انظر أيضا الكتابة والأعداد 1: 24-25؛ القوارب الأولى 1: 36-37؛ استخدام المعادن 1: 38-39؛ التقاويم 1: 42-43

العلوم SCIENCE

1000 ق.م. يطور الفينيقيون في البحر الأبيض المتوسط نظاماً أبجديا يحتوي 22 حرفا.

1000 ق.م. يبتكر الصناع الأتروروسكانيون في شمال إيطاليا الأسنان الصناعية المصنوعة من الذهب، ويحتمل أن الغرض منها تعلق بالزينة أكثر من الوظيفة.

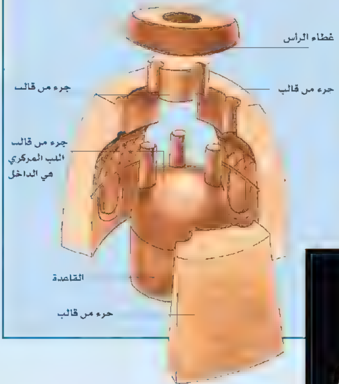
975 ق.م. يستحدث اليهود التقويم القمري العبري المعروف بالتقويم الجيزري (يحتوي 12 شهراً طول كل منها 27 أو 28 يوما). (المترجم: التقويم الجيزري، أو الجزري، تقويم عبري حديث يعود لعام 975 ق.م. ويختلف عن التقويم العبري التوراتي الذي يعود لعام 3750 ق.م. تقريبا)

950 ق.م. يزرع الفلاحون في شمال ووسط أوروبا الشوفان، وهو من الحبوب التي تناسب المناخ الرطب والبارد للمنطقة أكثر من القمح. تنتقل زراعة الشوفان بعد فترة إلى شمال بريطانيا، ومازال الإسكتلنديون معروفين بزراعته ويصنعون منه عصيدة.

900 ق.م. يشيد المزارعون في بلاد الرافدين (العراق حاليا) نظاماً للري بهدف زيادة محاصيلهم الزراعية.

أنتج الصناع الصينيون أشكالاً معقدة، وبخاصة الأشكال المجوفة مثل الأواني والأجراس؛ بصب صهير البرونز في قوالب، يتكون القالب من أجزاء عدة مصنوعة من الفخار المشوي، حيث تركب حول محور قبل صب الصهير ومن ثم تزال بعناية بعد أن يبرد الصهير لاستخدامها مجددا. وبهذه الكيفية يمكن استخدام القالب مرة بعد أخرى لإنتاج أشكال متشابهة تماما. صنع الحرفيون الصينيون الوعاء المبين أدناه بتركيب قالب طوبي يتكون من عشرة أجزاء. تبدأ العملية بتركيب ثلاثة قوالب كبيرة بشكل مقلوب حول لب مركزي واحد، وبذلك شكل اللب والقوالب الثلاثة قالباً واحداً صب صهير البرونز فيه. ولمنع الصهير من الفيضان خارج القالب يستخدم غطاء للرأس وآخر للقاعدة.







صُب الجرس البرونزي المبين في الصين في حوالي عام 1150 ق.م. ويمكن ملاحظة القالب الذي استخدم في الصب بشكل واضح في الجزء العلوي من الجرس.

التكنولوجيا TECHNOLOGY

1200 ق.م. يربط المصريون نهر النيل بالبحر الأحمر ببناء قناة عند بحيرة التمساح.

1150 ق.م. يصب الصناع الصينيون الأجراس المصنوعة من البرونز.

1150 ق.م. يزخرف الصناع في قبرص ومايسيسني (في اليونان) الأشياء بطلائها بالزجاج الملون.

1100 ق.م. يدخل الصناع الصينيون مغزل اللي لإنتاج خيوط القطن والصوف.

1050 ق.م. يُدخل الغزاة الدوريون من الأناضول صناعة الحديد إلى اليونان.

1000 ق.م. يسمد المزارعون في مصر وبلاد الرافدين الأراضي الزراعية باستخدام روث البهائم.

1000 ق.م. يستخدم المدونون الصينيون الريش وحبراً أسود مصنوعاً من السخام وسائل صمغي. تتم الكتابة على شرائح من البامبو أو ورق مصنوع من لحاء الشجر.

1000 ق.م. اختراع الطائرة الورقية في الصين، ويمكن القول أنها تمثل أول جسم طائر أثقل من الهواء.

980 ق.م. يقترح الكاتب الصيني لو-تسان استخدام البخار لتعقيم الأشياء (ليس للأغراض الطبية بالضرورة)

950 ق.م. يستخرج الفينيقيون صبغة الأرجوان الصدفي من الرخويات البحرية. ونظرا لندرة الصبغة وارتفاع ثمنها يختص الملوك والأباطرة فقط باقتناء الملابس المصبوغة بواسطتها.

900 ق.م. يتداول الصينيون القطع النقدية المصبوبة على شكل الجواريف والسكاكين.

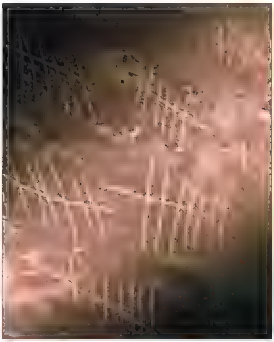
850 ق.م. يستخدم الصينيون الغاز الطبيعي في الإنارة، وينقل الغاز عبر «أنابيب» مصنوعة من البامبو. يحتمل أن يكون الغاز هو غاز الميثان (الغاز الطبيعي) المتسرب من المكامن النفطية من باطن الأرض.

850 ق.م. تصبح مدينة سمايرنا (أزمير في تركيا حاليا) موضع تشييد أول جسر مقوس (الأقواس مصنوعة من الصخر).

التقاويم

CALENDARS

بينما كان العلماء يحفرون كهفا في سويزلاند عام 1970 وجدوا قطعة عظم رجل لبابون (نوع من القردة)، يعرف الآن بعظم لبومبو، وعليه 29 خدشا. عاش الشخص الذي أحدث الخدوش منذ حوالي 35,000 سنة، ويحتمل ان هذه الخدوش تمثل سجلاً لمرور الزمن. إذا كان الأمر كذلك فإن قطعة العظم المكتشفة تعتبر «عصا تقويم» تشبه التي استمر الأمريكيون الاصليون في صنعها حتى وقت قصير.



▲ يحتاج السجناء المعزولون عن العالم الخارجي تسجيل مرور الزمن على سجنهم، ويبدو ان الخدوش المبينة على هذا الحائط تدل على الأسابيع المنقضية، ويعتبر هذا النوع من التسجيل للزمن من أبسط أنواع التقاويم.

تواريخ مفصلية

33.000 ق.م. عظم لبومبو.
23.000 ق.م. عظم أشانغو.
4236 ق.م. التقويم القمري المصري.
3000 ق.م. التقويم السومري.
2950 ق.م. التقويم القمري الصيني.
1800 ق.م. التقويم القمري السومري
1000 ق.م. التقويم الهندي.

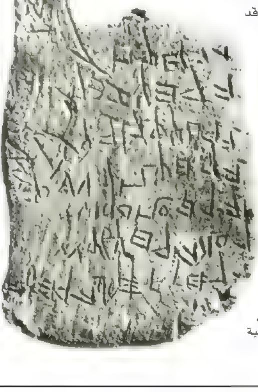
لا يمثل عظم لبومبو مثالاً وحيداً لتقويم أولي في إفريقيا؛ فعلى سواحل بحيرة إدوارد في جمهورية الكونغو الديمقراطية عاش في وقت ما تجمع سكاني صغير يعتمد على الزراعة وصيد الأسماك. وقد اندثر هذا التجمع خلال فورة بركانية، لكنه خلف قطعة اكتشفت عام 1960. هذه القطعة، التي سميت بعظم أشانغو نسبة الى شعب المنطقة، أحدثت به خدوش لحساب الأيام خلال الدورات القمرية، من مطلع قمر إلى مطلع قمر آخر على مدى ستة شهور، ويعتقد أن تاريخ قطعة العظم يعود إلى ما قبل 25,000 سنة. هناك أسباب وجيهة للتنبؤ بأطوار القمر – مثلاً تمكين الصيادين من تتبع الطرائد الليلية عندما يكون القمر بدرا، كما أن المحاربين يمكنهم الاقتراب من أعدائهم في ليالي المحاق الحالكة – أطوار القمر سهلة الملاحظة. علاوة على ذلك احتاج الإنسان دوماً إلى إيجاد وسيلة لحساب مرور الزمن (السنين).

كانت جميع التقاويم القديمة تقاويم قمرية. ويعتبر **المصريون** أول من وضع تقويماً كاملاً، يمتد حسابه على مدى سنة كاملة، وذلك حوالي عام 4236 ق.م. كان التقويم المصري تقويماً قمرياً ولذلك فشل في التنبؤ بموعد أهم حدث سنوي عندهم – الفيضان السنوي لنهر النيل وهو ظاهرة متعلقة بالفصول. وقد لاحظ الكهنة المصريون أن ظهور نجم الشعرى اليمانية يسبق فيضان النيل ببضعة أيام. ولذلك صمموا تقويماً شمسياً لكن بشهور قمرية. وقسموا فصول السنة إلى ثلاثة أجزاء مدة كل منها أربعة أشهر ذات 30 يوماً لكل شهر، وأضافوا خمسة أيام في نهاية السنة لتكتمل أيام السنة الـ 360. كما استخدم المصريون فترات زمنية أطول من السنة هي سنوات حكم ملك ما، فأخذوا بعد تأريخ السنين «بالنسبة إلى السنة التي حكم فيها الملك كذا والملك الآخر كذا».

يضاف إلى ذلك أن المصريين هم أول من قسم اليوم إلى 24 وحدة، ولكن وحدات اليوم لديهم لم تكن متساوية، فاليوم مقسم إلى 12 وحدة نهاراً و 12 وحدة ليلاً مع تغيير في طول هذه الوحدات بحسب الفصول.

وفي حوالي عام 3000 ق.م. صمم **السومريون**، الذين عاشوا في جنوب العراق الحالي، تقويما ذا 12 شهرا طول كل شهر 30 يوماً، وقسموا اليوم إلى 12 فترة، وكل فترة مقسمة إلى 30 جزءا. شكل ظهور القمر إعلاناً لبداية كل شهر في العالم القديم، وهو حدث لابد للمسئولين الكبار في الدولة إبلاغه للملك. ونظراً لعادة السومريين تسجيل التفاصيل الدقيقة فقد اخترعوا نظماً أخرى للتقويم، فزمن بقاء مسئول في منصبه كان يعد بالأيام – «كيوم كذا ويوم كذا من أيام حكم هذا أو ذاك». كانت السنة السومرية تبدأ يوم حصاد الشعير، لكن السنة المالية كانت تبدأ بعد شهرين من ذلك حين يؤخذ المحصول إلى السوق، واعتبرت بداية السنة السومرية موسم احتفالات دينية تقدم فيه القرابين من ثمار المحصول الجديد للآلهة.

وفي وقت ما قبل عام 2100 ق.م. بدأ السومريون عد السنين القمرية، وكان هذا أسهل بالطبع من عد الأيام، فالقرض المقدم في شهر معين يمكن الاتفاق على سداده في الشهر نفسه من السنة التالية. وأدى هذا الإجراء إلى تطوير تقويم في حوالي عام 1800 ق.م. يحتوى 12 شهراً تتناوب أطوالها بين 29 و 30 يوما. وينتج عن ذلك أن عدد أيام السنة يساوي 354 يوما – (6×30) + (6×29) – مما لا ينسجم مع السنة الزراعية التي تحسب بالتقويم الشمسي. ولمعالجة هذا الشذوذ أضاف السومريون شهراً كاملاً لتقويمهم، لكن آلية



◄ دون التقويم الجيزري (نسبة إلى مدينة جزر الكنعانية) في نهاية القرن الحادي عشر قبل الميلاد أو بداية القرن العاشر قبل الميلاد ويحتمل ان طالباً في المدرسة قام بتدوين هذا التقويم (كجزء من الوظيفة المدرسية)؛ كتب التقويم على شكل قصيدة باللغة العبرية تصف المهام الزراعية خلال العام.

انظر أيضا الكتابة والأعداد 1: 24-25؛ حضارة المايا 2: 24-25؛ العلوم الصينية 2: 30-31؛ صناعة الورق واستخداماته 2: 42-43



▲ اكتشف هذا التقويم المصري في الإسكندرية، وقد صنع التقويم من الحجر ووضعت رموز البروج حول حافته الدائرية. كان علماء الملك الإغريق الذين عاشوا في الإسكندرية يستخدمون تقويم مثل هذه مصنوعة من التراكوتا (الطين المشوي).

الإضافة لم تكن موحدة. فكل مدينة كانت تسوّ الشهر عند شعورها بالحاجة إلى ذلك، فقد تضيف مدينة 11 شهراً كل 18 سنة وقد تعمد أخرى إلى إضافة شهرين في سنة واحدة. كانت النتيجة واحدة على المدى البعيد، لكن لأغراض الأعمال اليومية كانت كل مدينة تسير وفق تقويمها الخاص.

ضمت مملكة سومر إلى *الامبراطورية البابلية* في نهاية المطاف، وفي القرن الثامن عشر قبل الميلاد تبنى البابليون تقويم مدينة نيبور السومرية. احتل البابليون النصف الجنوبي من العراق الحالي، بينما احتل الآشوريون النصف الشمالي منه وجزءاً من الجنوب الشرقي لتركيا. بقى الآشوريون تابعين لبابل لفترة إلى أن تناموا كقوة عالمية، ففي حوالي عام 1100 ق.م. تبنى **الآشوريون** التقويم البابلي.

أما **الصينيون** فقد طوروا في حوالي عام 2950 ق.م. تقويماً قمرياً خاصاً بهم. وعلى نسق التقويم البابلي قسم التقويم الصيني العام إلى 12 شهراً يتناوب طول الواحد منها بين 29 و 30 يوماً، مع إضافة شهور بين الحين والآخر لمواءمة التقويم مع السنة الشمسية.

ويعود تاريخ التقويم الهندي إلى حوالي عام 1000 ق.م.. وقسمت فيه السنة القمرية أيضاً إلى 12 شهراً يتراوح طول كل منها بين 27 و28 يوماً مع إضافة شهر كل خمس سنوات. كما قسمت السنة إلى فترات ثلاث طول كل منها أربعة أشهر. وتتحدد بداية كل سنة باحتفال ديني كبير.



◀ حتى اختراع الورق عام 105 ميلادي، دونت الكتب الصينية على شرائح ضيقة من البامبو أو على شرائح من الخشب ربطت مع بعضها بخيوط من الحرير لتبقى في ترتيبها الصحيح. وتشكل الشرائح المبنة تقويما.

WEIGHTS AND MEASURES الأوزان والأطوال

عندما يشتري شخص ما رطلاً (باونداً) من الأرز في بوسطن بولاية ماساتشوستس فإنه يحصل على الكمية نفسها من رطل أرز يشتريه شخص آخر في لندن بإنجلترا. ويعود السبب إلى أن الرطل قياس وزن عياري (أو يجب أن يكون) في أجزاء عدة من العالم، لكن الأمر لم يكن بهذه الكيفية دوما.



▲ نحتت كتلة الجرانيت المبينة على شكل بطة ملقية رأسها على ظهرها، وقد صنعت في مدينة لاغاش في بلاد الرافدين في حوالي عام 2400 ق.م، وتزن 16.8 أونصة (477 جم)، أي ما يساوي تقريبا رطلاً واحدا.

في وقت ما كان لكل دولة نظامٌ خاصٌ للأوزان والأطوال. بل وحتى عندما كانت تستخدم أسماء واحدة فإن المعنى كان مختلفاً تماماً في الغالب الأعم. فمثلاً، كان الميل الإيرلندي (2240 قدما أو 2048 م) أطول من الميل الإنجليزي (1760 قدما أو 1609 م)، على الرغم من أن الاثنين يستندان إلى الميل الروماني الذي عرف بألف خطوة (ميللي بيس في اللاتينية).

كان طبيعياً أن يبني الإنسان قديماً قياس الأطوال مقارنة بطول بعض أعضاء جسمه. ولذلك استخدم **المصريون** وحدة الذراع (كيوبت) لقياس الأطوال وعرفوها بالمسافة من الكوع إلى طرف أول إصبع (يقدر بحوالي 18 بوصة أو 45 سم). وقد استخدمت وحدة الذارع بداية عام 3500 ق.م. أما وحدة كيوبت الإغريقية، التي استحدثوها بعد 1,500 سنة من استحداث الكيوبت المصري، فكانت أقصر من الكيوبت المصري، إذ عرفها الإغريق بمتوسط طول قدم رجل بالغ (حوالي 12 بوصة أو 30 سم). وحتى يومنا هذا نستخدم القدم (30.5 سم) وحدة لقياس الأطوال، كما تستخدم وحدة اليد (4 بوصات أو 10.2 سم) لقياس ارتفاع كتف الفرس عن الأرض. والجدير بالذكر أن مفردة «إنش» باللغة الانجليزية مشتقة من مفردة أونتشيا اللاتينية والتي تعني إثنا عشر جزءا (أو قدم واحد).

تعتبر عملية استحداث وحدات الأوزان أكثر تعقيداً، إذ ليس هناك شيء طبيعي سهل يمكن اعتبار وزنه وحدة عيارية (مرجعية)، على الرغم من استخدامنا حتى اليوم وحدة القيراط (التي تعني باللغة العربية حبة) لقياس كتلة الاحجار الكريمة (يساوي القيراط 0.007 أونصة أو 0.2 جم). استخدمت أيضا وحدة القمحة، مبنية على وزن حبوب القمح والأرز، لمدة طويلة وذلك للتعبير عن الأوزان الصغيرة. تساوي القمحة الحديثة 0.0012 أونصة (0.05 جم)، ويتكون القيراط الواحد من أربع قمحات.



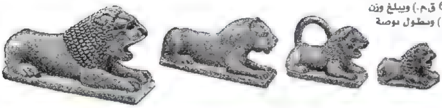
سبق السومريون غيرهم باستحداثهم حوالي عام 2500 ق.م. أول نظام للموازين واتخاذهم وحدة الشيكل (حوالي 0.3 أونصة او 8.4 جُم) ووحدة المينا التي تساوي 60 شيكلاً (حوالي 18 أونصة أو 504 جم)، وقد اكتشف أقدم مقياس وزن حقيقي في مدينة لاغاش في بلاد الرافدين (العراق حاليا) ويعود إلى حوالي عام 2400 ق.م. ويساوي مقياس الوزن المكتشف 16.8 أونصة (477 جم). وبعد حوالي 500 عام صنعت مدينة نيبور السومرية قضيباً من النحاس استخدم كوحدة عيارية للطول والوزن في آن واحد. يبلغ طول القضيب المعياري هذا 43.4 بوصة (110.35 سم) – مقسم إلى أربعة «أقدام» – كما يزن 91.5 رطلاً (41.5 كجم). من جانبهم استخدم الرومان وحدة ليبرا رطل (تعني ليبرا باللاتينية الوزن) للأوزان ويساوي 16 أونصة (460 جم) تقريبا، والرمز الإنجليزي للرطل (lb) مشتق من المفردة اللاتينية (Libra) .

كان من الصعب إيجاد معيار لقياس الحجوم، إذ تنوعت المعايير من الأمفورا (قارورة ضيقة العنق ذات عروتين استخدمها الرومان والإغريق لحفظ الزيوت أو النبيذ) إلى أحجام البراميل والقوارير المستخدمة لحفظ النبيذ. وشكلت قوارير الشمبانيا المختلفة مجموعة بحيث يتضاعف حجم كل قارورة إلى الضعفين مقارنة بالقارورة الأصغر منها، وسُمي أعضاء المجموعة من الأقل حجماً إلى الأكبر على التوالي: الماجنوم ، الجيريبوبوم، الريهوبوم، الميثوسيلا، البلثزار (نسبة إلى شخصيات إنجيل العهد القديم).



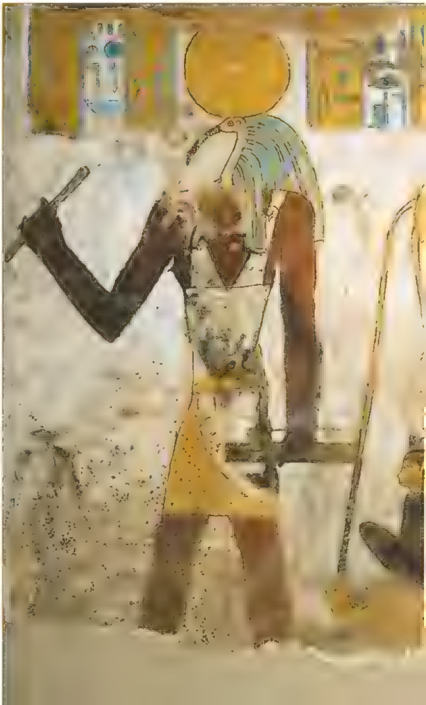


▲ عرض لمسطرة ومجموعة أوزان من مصر القديمة، التي كانت من أولى الحضارات التي وضعت أوزاناً وأطوالاً عيارية.



◄ هذه المجموعة من الأوزان المصنوعة من البرونز على هيئة أسود مزمجرة صنعها الآشوريون في عهد الملك سنحاريب (705-681 ق.م.) ويبلغ وزن أصغرها 1.76 أونصة (50 جم) وبطول بوصة واحدة (2.5 سم).

▼ الجدارية المنقبة من قبر أحد نبلاء المصريين القدماء، تبين إله الحساب وهو يزن قلب المتوفى لتحديد مصيره في الحياة الأخرى.



الأوزان والأطوال القديمة

احتاج المزارعون والصناع والمهندسون والعلماء منذ القدم إلى وضع علاقات للكميات والأبعاد وتسجيلها، لكن لم يكن هناك نظام دولي للأوزان والأطوال (مثل الموجود اليوم)، كما لم يوجد نظام دولي لتعريفها. ومن المعايير التي استخدمتها الشعوب أعضاء جسم الإنسان، الذي أدى إلى تحديد الأطوال من مثل الإنش (عرض الإصبع)، الكف (عرض كف اليد) والقدم. لكن يختلف البشر في أطوال ايديهم وأقدامهم – كما أن إيجاد وزن معياري كان أكثر صعوبة. يبين الجدول أدناه قائمة ببعض المقاييس التي استخدمتها الحضارات السابقة والبلدان التي ظهرت فيها لأول مرة.

الوحدة	الحضارة	المقياس	القياس المكافئ حاليا (متري)	(امبراطوري)
الحُق	الروم	الحجم	66.41 مل	2.24 أونصة
اكتس	الروم	المساحة	0.127 هتكار	1519 ياردة مربعة
أمفورا	الإغريق	الحجم	38.841 لتر	10.26 جالون
براكتشيوم (الذراع)	الروم	الطول	1.4 متر	4.6 قدم
كاب	العبريون	الحجم	2.241 لتر	4.73 باينت
كيوبت (ذراع)	المصريون	الطول	45.11 سم	17.76 بوصة
دجت (انش)	المصريون	الطول	18.72 مللم	0.74 بوصة
قدم	البابليون	الطول	35.4 سنم	13.93 بوصة
خونكس	الإغريق	حجم جاف	1.079 سم^3	0.98 كوارت
ليبرا (باوند)	الروم	وزن	459.26 جرام	1.01 رطل
ليغولا	الروم	الحجم	11.67 مل	0.39 أونصة
ميل	الروم	الطول	1,479.5 متر	1,618 ياردة
مينا	السومريون	الوزن	504 جرام	17.7 أونصة
الكف (شب)	المصريون	الطول	7.49 سم	2.95 بوصة
كيوبت ملكي	المصريون	الطول	52.42 سم	20.64 بوصة
شيكل	السومريون	الوزن	8.4 جرام	0.3 أونصة

استخدم العبرانيون والإغريق والرومان وحدتي الديجت والكف بالمقاسات ذاتها. كما أن الكيوبت (الذراع) كان له القيمة نفسها عند المصريين والبابليين والعبرانيين والإغريق والرومان.

الشعوب الرئيسة في حقبة ما قبل التاريخ - 849 ق.م.

KEY PEOPLES PREHISTORY–849 B.C.

الشعوب الواردة أسماؤها بالبُنط **الأسود العريض** *كتبت عنهم مقالات خاصة في هذا الجزء من المجلد أو في جزء «الشعوب الرئيسة» في مجلد آخر، أما تلك الواردة أسماؤها بالبُنط* ***العريض والمائل*** *فهم موضوع مقالة خاصة في أحد المجلدات.*

العرب (منذ عام 2500 ق.م.)

يشكل العرب اليوم مجموعة كبيرة من البشر، تربطهم غالباً الحضارة الإسلامية والدين الإسلامي، ويعيشون في منطقة شاسعة تمتد من أفغانستان شرقاً عبر منطقة الشرق الأوسط وحتى شمال إفريقيا. لكن عرب ما قبل الإسلام المشار إليهم في هذه المجلدات هم الشعوب التي سكنت شبه الجزيرة العربية ومناطق شمال شرق إفريقيا القريبة؛ وبشكل تقريبي حيث تقع المملكة العربية السعودية واليمن وأثيوبيا حاليا .

جاء أول ذكر للعرب بالتنويه إلى فضلهم باستئناس الجمل البُختياري في حوالي عام 2500 ق.م.، والذي أطلق عليه منذ ذلك الحين «سفينة الصحراء»، ونظراً لقدرة الجمال على البقاء فترات طويلة دون شرب ماء، انتشرت الجمال المستأنسة في المناطق الصحراوية في الشرق الأوسط ومصر وشمال إفريقيا. لكن العرب شيدوا سفناً حقيقية أيضاً ونافسوا بها **المصريين** وشعوب **بلاد الرافدين**. وشملت مناطق إبحارهم البحر الأحمر والخليج العربي والأجزاء الشمالية الشرقية من المحيط الهندي. وقد مخرت السفن العربية عباب مياه الساحل الشرقي لإفريقيا حتى وصلت إلى مرفأ صوفالا، قبالة جزيرة مدغشقر، ويحتمل أنها توغلت جنوباً حتى رأس الرجاء الصالح وما بعد ذلك. تاجر العرب مع شعوب شرق إفريقيا ويحتمل أنهم أخذوا بعضهم عبيدا.

كيف تمكن البحارة العرب من السفر إلى هذا المدى البعيد – ومن ثم العودة سالمين – في هذه المحيطات المتلاطمة؟ يكمن الجواب على هذا التساؤل في تصميم السفن العربية، أو بشكل أدق في الأشرعة التي صمموها، استخدم المصريون **والفينيقيون** من قبل أشرعة مربعة تمتد على بدن السفينة بأكملها تقريبا. كانت هذه الاشرعة مناسبة للترحال في اتجاه الريح، حيث تضرب الريح الشراع من الخلف، ولكن كان من المستحيل السفر عكس اتجاه الريح: فلقد كان سهلاً السفر من نقطة إلى أخرى، لكن العودة كانت صعبة للغاية !

اخترع العرب شراع اللاتين المثلث الشكل والذي ميز سفنهم المسماة بالأبوام (وبالمناسبة دخلت مفردة الداو العربية إلى اللغة الانجليزية من بين عدد من الكلمات الأخرى). يتميز شراع اللاتين المثلث بإمكانية إدارته حول محوره بزاوية مما يسمح للسفينة بالترحال «في اتجاه قريب من اتجاه الرياح» – ليس من الضرورة أن تضرب الريح الشراع من الخلف حتى تتقدم السفينة إلى الأمام، بالإضافة إلى ذلك حوت السفن العربية دفة تحكم وضعت في مؤخرتها – ويعتقد أن البحارة الصينيين هم من اخترعوا دفة المؤخرة – وليس فقط مجاديف توجيه، كما هو الحال في السفن المصرية.

كما أن التجار العرب أبحروا إلى الجانب الآخر من الهند، حيث شيدوا مراكز تجارية. ولا يمكن المغالاة في التوكيد على أهمية شراع اللاتين، فلم تكن شعوب أوروبا قادرة على الإبحار بأمان لمسافات طويلة قبل تبني صانعي السفن الأوروبيين هذا الشراع في القرن الثالث عشر الميلادي.

الآشوريون (حوالي 2500 - 600 ق.م.)

كانت آشور إمبراطورية موطدة الأركان في الشرق الأوسط بحلول عام 2500 ق م. لتشمل المساحة الواقعة على ضفتي أعالي نهر دجلة (العراق حاليا). وتركزت الإمبراطورية حول المدينة – الدولة المعروفة بآشور التي كانت عاصمة لها قبل أن تنقل العاصمة إلى مدينة نينوى (قرب الموصل). كانت آشور في البداية معتمدية بابلوتية، لكن اكتساب شعبها سمعة الجسارة في الحروب جعلها تهزم بقية شعوب بلاد الرافدين قاطبة، وانتشر الآشوريون ليمتد حكمهم على سوريا وفلسطين وعلى امتداد وادي نهر النيل في مصر. بعد انفصال **المصريين** في حوالي عام 650 ق م. وقيام ثورة الميديين (شعب استوطن إيران قديما في منطقة كردستان وأذربيجان) وظهور البابليين الجدد، هوت إمبراطورية الآشوريين بسرعة خلال القرن السادس قبل الميلاد.

تبنى الآشوريون نظام كتابة **السومريين** المسماري دون لغتهم، كما تبنوا الكثير من قوانينهم ودينهم، وأبقوا أيضاً على التقويم القمري، لكنهم استحدثوا الأسبوع المكون من سبعة أيام. من ناحية أخرى اعتنى المزارعون بتربية الحيوانات المستأنسة وزرع المحاصيل الزراعية في حقول مروية، وقاموا أيضا بتربية النحل للحصول على العسل والشمع وتعلموا تلقيح أشجار النخيل يدوياً، وخلال رحلاتهم جمع الآشوريون النباتات الغريبة الخلابة وزرعوها في حدائقهم و منتزهاتهم العامة. ويبدو أيضاً أنهم زرعوا القنب (نبات مخدر) التي وصفت أدخنتها لمعالجة الاكتئاب.

بتوسع تجارة الآشوريين استنبطوا نظاماً كفئاً للبريد بهدف الاتصال بمراكز التجارة الأجنبية. وتميز صانعو المجوهرات بصياغة الأحجار الكريمة المقلدة باستخدام الزجاج الملون، ونحتوا أختاماً غاية في الدقة بتصاميم صغيرة جداً من الصعوبة رؤيتها بالعين المجردة. ويمتلك المتحف البريطاني في لندن قطعة حجر بلورية منحوتة على شكل عدسة تعود إلى العهد الآشوري، ويحتمل أن مثل هذه القطعة استعملها صانعو المجوهرات كعدسة تكبير. علاوة على ذلك صنع الحرفيون أقفال الأبواب، واستخدموا في بعضها نوعاً من الدبابيس مختلفة الطول، وهو تصميم يشبه تصميم الأقفال من نوع يال حاليا.

وعلى المستوى الأكبر، وفي حدود نهاية عهد الإمبراطورية، شيد المهندسون الآشوريون الجسور والقنوات وشبكات أنابيب لنقل المياه من الهضاب إلى المدن، وشيدوا أيضاً نظام أنفاق، سمي *الكوناتات*، لنقل مياه الري تحت الأرض، وامتدت الأنفاق لمئات الأميال وزودت بأبراج تهوية تبعد عن بعضها 300 ياردة (100 م) تقريبا.

البابليون (حوالي 1950 - 1595 ق.م)

خلف **السومريين** البابليون وتعتبر حضارتهم من أولى الحضارات الإنسانية، كان مركزهم مدينة بابل، تلك المدينة القديمة الواقعة على ضفاف نهر الفرات في العراق، وبلغ عدد سكان بابل في ذروة مجدها ما يقارب نصف مليون نسمة واحتلوا المنطقة منذ حوالي 1950 ق.م. حتى أزاحهم **الحثيون**. يعتبر الملك حمورابي (حكم من حوالي 1795 حتى 1750 ق.م)، الملك السادس من الأسرة العمورية، أعظم ملوكهم والذي خُلد لوضعه شريعة تحتوي على 282 قانوناً لإدارة الإمبراطورية. غطت شرائع حمورابي مجالات الأحوال الشخصية والقانون الجنائي والقانون المدني والأخلاق والقانون التجاري والأسعار والتجارة. أما حدائق بابل المعلقة، وهي إحدى العجائب السبعة في العالم القديم، فيعود تشييدها إلى عهد الإمبراطورية البابلية الجديدة التي بلغت أوجها تحت حكم الملك نبوخذ نصر الثاني (من حوالي 605 إلى 562 ق.م).

تابع البابليون ممارسات السومريين بتربية الماشية والدواجن وزراعة المحاصيل في الحقول المروية، ومن المحاصيل التي زرعوها النخيل وعرفوا أن منه ما هو ذكر (الفحل) وما هو أنثى و أن حمل الأنثى بالبلح بحاجة إلى حبوب لقاح الذكر، بل استنبطوا أيضاً أن تلقيح طلوع أشجار النخيل يدوياً بلقاح الفحل يؤدي إلى زيادة في الإنتاج (وهي عملية استمر عليها **الآشوريون**). وتشير بعض الأدلة إلى أن البابليين تاجروا في حبوب اللقاح بيعاً وشراءً، كما أن المزارعين، أو زوجاتهم بشكل خاص، صنعوا البيرة، وتحدد إحدى مواد قوانين حمورابي الأسعار التي سمح للمرأة أن تفرضها على بضاعتها.

من بين العلوم التي مارسها البابليون علم الفلك والرياضيات والطب. فقد تبنى البابليون التقويم القمري السومري وتمكنوا من التنبؤ بمواقيت الكسوف الشمسي، ورصدوا مسار الحركة الظاهرية لكوكب الزهرة (فينوس التي نسبوها إلى الإلهة عشتار - إلهة الحب عندهم)، واستخدموا هذه المعلومات ليبنوا تنبؤاتهم حول قضايا عدة مثل موعد الحصاد الجيد وغير الجيد - ومن هذا المنظور فإن علم الفلك لديهم كان أقرب إلى التنجيم منه إلى علم الفلك.

وفي مجال الحساب استخدم البابليون نظاماً عددياً أساسه العدد 60 وتعتمد قيمة الرمز فيه على موضعه (مثلاً العدد «1» يصبح «10» إذا أزيح مسافة واحدة إلى اليسار). وتوصلوا إلى حساب مساحة المثلثات وحجوم أشكال مختلفة من بينها الشكل الهرمي والهرم المخروطي (هرم مقطوع الرأس). توصل البابليون أيضاً إلى معرفة خصائص المثلث قائم الزاوية (بما في ذلك النظرية التي نسميها اليوم نظرية فيثاغورث) وحل معادلات بسيطة من الدرجة الثانية، كما ظهر علم الخرائط في حياتهم - وجد علماء الآثار لوحة طينية مخطط عليها خريطة مدينة نيبور، موضح عليها سور المدينة مع بواباتها والقنوات داخلها ومنتزهاتها ومعبدا ضخما.

كما عرف الأطباء البابليون 120 ترياقاً مصنوعاً من الأملاح المعدنية علاوة على أكثر من ضعفي هذا العدد من الأدوية المشتقة من النباتات. كما أجرى الجراحون العمليات الجراحية باستخدام مشارط مصنوعة من البرونز أو من السبج (زجاج بركاني). ويبدو أن الأطباء كانت لديهم القدرة على إزالة إعتام عدسة العين (المياه البيضاء أو الكاتاراك) وإعادة البصر للمصابين بهذا المرض وذلك مقابل 10 شيكلات فضية (حدد القانون الأسعار). ويعتقد أنهم استخدموا الصدمة الكهربائية التي تنتجها بعض الأسماك لأغراض التخدير، لكن قانون حمورابي كان ينص على قطع يد الجراح الذي يرتكب خطأً طبيا.

السلتيون أو الكلتيون (حوالي 1200 - 200 ق.م.)

دخل السلتيون المشهد في وقت متأخر من الفترة التي يغطيها هذا المجلد، ففي حوالي عام 1200 ق.م. سكن السلتيون منطقة وسط أوروبا لينتشروا منها إلى إسبانيا في القرن السادس قبل الميلاد وليصلوا بعد 300 سنة من ذلك إلى فرنسا وبريطانيا.

يعود أقدم نتاجات السلتيين المستكشفة في النمسا إلى حوالي عام 700 ق.م. استخدم السلتيون الحديد ويرجع تاريخ العصر الحديدي في هذه المنطقة إلى احتلالهم لأجزاء منها. وفي أوج توسعهم احتلوا إيطاليا واليونان وحتى بلاد الأناضول (تركيا حاليا)، لكن لم يكن لهم «ملك» يرأسهم ولم يديروا الأراضي التي احتلوها بأسلوب إدارة إمبراطورية. جاءت نهاية السلتيين على يد القبائل الجرمانية والرومان. من عادات السلتيين أن محاربيهم كانوا يمضون وقتهم خلال فترات السلم برعي الماشية وزراعة الحبوب - استخدم المحاربون السلتيون الشكيمة (قطعة من الحديد ذات أطراف حادة توضع في فم الحصان) للتحكم في الجياد. تميز السلتيون بالميل للبقاء قرب حصونهم المبنية على التلال باستثناء الفترات التي كانوا يحضرون فيها الاحتفالات التي ينظمها الكهنة.

تمثل غالبية آثار التكنولوجيا السلتية آثاراً زخرفية مصنوعة من الذهب والبرونز في تخطيط هندسي مجرد ومطعمة في الغالب بالمرجان أو مطلية بالمينا. أما الأطواق الذهبية التي استكشفت فهي أوسمة تدل على منزلة الفرد الذي يحملها أكثر من كونها ضمن المجوهرات. كما برع السلتيون في صناعة الفخار وأعمال الخشب (النجارة). ومازالت اللغة السلتية حية عند بعض شعوب مقاطعة بريتني (فرنسا) وإيرلندا وآيل أوف مان (الجزر البريطانية) وإسكتلندا وويلز.

الحضارة الصينية (منذ عام 3500 ق.م.)

تعتبر الحضارة الصينية إحدى أعرق الحضارات الإنسانية ونبعت من المدن - الدول في شمال الصين. خلال فترة قصيرة تطورت المدن - الدول إلى ملكيات مستقلة بدأت بالانتشار في أودية نهر هوانج هو (النهر الأصفر) واليانغسي والأنهار العظيمة الأخرى، فعلى سبيل المثال بلغت حضارة اليانغسي أوج مجدها في حوالي عام 3000 ق.م. في وادي نهر هوانج هو.

ينقسم تاريخ الصينيين منذ عام 2200 ق.م. إلى حكم عدد من الأسر الحاكمة بقيادة أباطرة حاولوا توحيد المدن - الدول المتحاربة. وتعتبر أسرة تشانج (أو إكساي) أقدم هذه السلالات إذ امتد حكمها من حوالي عام 1766 ق.م. وحتى عام 1122 ق.م.، وهي الفترة التي طور فيها الصينيون أسلوب كتابتهم التصويرية. تمكن شعب زهاو من الجزء الغربي من الصين من الإطاحة بأسرة تشانج ووضعوا قوانين مكتوبة وصكوا النقود، واستمر حكم سلالة زهاو حتى عام 256 ق.م.

والجدير بالذكر أن العديد من الاكتشافات والتطورات العلمية التي نبعت في أوروبا والشرق الأوسط توصل إليها الصينيون بشكل مستقل قبل هذه الشعوب أحياناً وبعدهم أحياناً أخرى. فعلى سبيل المثال، اخترع الصينيون المركبات ذات العجلات في حوالي عام 2800 ق.م.، أي بعد بضعة قرون من اختراع **السومريين** لها، كما أن العجلات الشعاعية ظهرت في الصين بعد 600 أو 700 سنة من تطويرها في بلاد الرافدين.

لكن الصين تفردت بتربية دودة القز (*من نوع بومبيكس*)، والتي بدأت في حوالي عام 2700 ق.م. في مقاطعة تشانكس الجنوبية، واعتمدت تقانة التربية على إطعام «الدود» (في الحقيقة إطعام يرقة الدود أو ما يعرف باليسروع) أوراق شجر التوت الأبيض. وبعد أن تصبح الحشرة خادرة تقتل بوساطة الحرارة وتفك جدائل الحرير ومن ثم تحاك خيوطاً حريرية. وتتم صناعة الألبسة الحريرية بعد ذلك بغزل النسيج باستخدام فلكة النول (عمود توضع عليه الخيوط ويقوم المغزل بسحبها ولفها). وبحلول عام 1035 ق.م. ميكن الصناع عملية الغزل باختراع عجلة الغزل الدوارة. ويدل وصول الحرير الصيني إلى مصر خلال بداية الألفية الأخيرة قبل الميلاد على مدى اتساع تجارته، لكن الحرير كان غالي الثمن ولم يتمكن من اقتنائه إلا الأغنياء، بينما لبس فقراء الصين الملابس المنسوجة من الألياف المستخرجة من أشجار القنب، والتي كانت تنسج على نولٍ يدار إطاره باستخدام قوة المياه. كما صنع الصينيون الحبال من ألياف أشجار القنب. وفي مجال الزراعة زرع الصينيون أنواعاً مختلفة من المحاصيل بما في ذلك فول الصويا والأرز.

كانت مراقبة الفلكيين الصينيين للأجرام السماوية محصورة في اعتمادهم على الرؤية بالعين المجردة. ولذلك لم يبرز علم الفلك بين العلوم الصينية، مثلما كان الأمر في الغرب حيث كانت النجوم والكواكب مرتبطة مع الآلهة فأضحى علم الفلك والدين توأمين لا ينفصلان. لكن، على الرغم من ذلك، سجل مراقبو السماء الصينيون أحداثاً فلكية استثنائية. فعلى سبيل المثال، دون الصينيون عام 2296 ق.م. مرور مذنب في سمائهم، وهو حدث يحمل نذر الشؤم أو بشائر الخير بحسب معتقدات فلكيي ذلك الزمان، كما أنهم وثقوا حدوث كسوف شمسي عام 1361 ق.م. وحفظت السجلات الفلكية وقوع هذه الأحداث مع غيرها في الأرشيف الملكي. واتبع الصينيون السومريين في تبني التقويم القمري ذي 12 شهراً بطول 29 أو 30 يوماً لكل شهر، مع إضافة شهر كل سنتين أو ثلاث سنوات لمواءمة التقويم مع السنة الشمسية. واستخدموا أدوات فلكية دائرية الشكل قسموا دائرتها إلى

جزء، وهو بالضبط عدد أيام السنة الشمسية. وضع الصينيون أيضاً نظاماً حسابياً يساعدهم في معالجة العمليات المعقدة وذلك في عام 1360 ق.م. وهو نظام لا تعتمد قيمة العدد فيه على موضع الرمز الدال عليه. وفي حوالي القرن الرابع قبل الميلاد استخدم الناس لوحة عد تتكون من لوح مخطط على شكل مربعات في الاتجاهين الأفقي والعمودي. ومثلوا الأعداد في اللوح بأعواد صغيرة مصنوعة من شجر البامبو أو من العاج.

استخدم الصينيون في عهد أسرة تشانغ صدفة صفراء لتداول النقود، وتكونت وحدة النقد من خمس أو عشرة أصداف مربوطة مع بعضها بخيط. وفي حوالي عام 900 ق.م. انتشر استخدام القطع النقدية المعدنية على شكل جاروف أو مدية. كما صنع الصينيون الطائرات الورقية في حوالي عام 1000 ق.م. باعتبارها ضمن ألعاب الأطفال في البداية. وفي مرحلة لاحقة تطورت صناعة الطائرات الورقية لتصبح ضمن الألعاب الرياضية – صممت «طائرة ورقية قتالية» لاستخدامها في الألعاب الرياضية، وتقتضي قواعد اللعبة قطع خطوط الطائرة المنافسة – كما استخدمت كأداة عسكرية لإلقاء المنشورات الدعائية على الأعداء. كما تضمنت ألعاب الأطفال في الصين القديمة إشعال حشائش جافة داخل قشرة بيض مفرغة مما يؤدي إلى تمدد الهواء داخل القشرة وارتفاعها عن سطح الأرض – مخترعين بذلك أول منطاد يعمل بالهواء الساخن.

نافس الصينيون الأجزاء الأخرى من العالم في مجال التكنولوجيا، فبحلول عام 3000 ق.م. أدخل البحارة الصينيون المرساة في قواربهم، وهو الزمن نفسه تقريباً الذي استحدث المصريون فيه المرساة. لكن صناعة السفن في الصين لم تقف على أقدام راسخة حتى وقت متأخر، ففي نهايات القرن السادس قبل الميلاد امتلكت إحدى الدول-المدن في جنوب الصين أسطولاً بحرياً قوامه آلاف البحارة وعدد كبير من السفن، وبلغ طول بعض هذه السفن 262 قدماً (80 م) وبحمولة بلغت 66 طناً (60 طنا متريا). بنى الصينيون أيضاً القوارب التي تدار بدواسات القدم واحتوت عدداً من الدواسات التي تدار باليد على كلٍ من جانبي القارب وفي مؤخرته.

واستخدم الصناع الصينيون البرونز لصب الأجراس عام 1150 ق.م. وصنعوا المرايا من البرونز المصقول، وتعتبر الصناعات البرونزية الصينية الأولى أكثرها تطوراً في عالم ذلك اليوم، فقد أنتج الحرفيون المهرة أشكالاً معقدة مستخدمين قوالب صب تتكون من عدة أجزاء. وفي حوالي عام 600 ق.م. توصل الصينيون إلى صنع أدوات عدة من بينها الشفرات الحديدية للمحراث، واعتمدوا في إنتاج الحديد على صهر خاماته مع الفحم النباتي. ونظرا لنسبة الفسفور العالية في خامات الحديد الصينية تقل درجة انصهار الحديد المستخرج من هذه الخامات عن تلك المستخرجة في الشرق الأوسط. واستمر تطور العلوم والتكنولوجيا الصينية على مدى عدة قرون على الرغم من بيئة الحروب المستمرة التي شهدتها المنطقة.

المصريون (3100 - 300 ق.م.)

استوطن قدماء المصريين ضفاف نهر النيل، مانح حياتهم، إذ كان الفيضان السنوي يروي الأراضي الزراعية المجاورة. وتشكل أول تجمع سكاني في وادي النيل العلوي قبل عام 4000 ق.م.، وفي حوالي عام 3100 ق.م. أُنشِئت أمة واحدة باتحاد مملكتي مصر العليا ومصر السفلى تحت إمرة حاكم أو فرعون واحد. وتذهب الأساطير إلى أن موحد مصر هو الفرعون مينا، لكن المؤرخين لم يتمكنوا من تحديد هويته. وفي عام 2575 ق.م. أصبحت الأمة المصرية ما يعرف باسم المملكة القديمة والتي استمرت حتى عام 2125 ق.م.

مرت الأمة المصرية في فترة اضطرابات، تعرف بالفترة الانتقالية الأولى، انقسمت فيها المملكة القديمة إلى دولتين صغيرتين عاصمة إحداها ممفيس في الشمال وعاصمة الأخرى طيبة في الجنوب، لتبزغ بعد ذلك شمس المملكة الوسطى التي حكمها ملك مصر العليا منتوحوتب الثاني (حكم حوالي 2010–1998 ق.م.). وتم توحيد مصر مجدداً بعد غزو منتوحوتب للجنوب وانتصاره عليهم. وفي عام 1640 ق.م. غزا محاربو البدو الهكسوس، القادمون من شرق البحر الابيض المتوسط البلاد واحتلوا شمال مصر منهين بذلك عهد المملكة الوسطى (يعتقد أن جيش الغزاة الهكسوس ضم فرسانا) وبذلك حلت الفترة الانتقالية الثانية والتي تميزت بحكم الهكسوس الأجانب وعددٍ من الحكام المحليين. تأسست المملكة الحديثة عام 1550 ق.م. عندما وحد أحمس الثاني (حكم حوالي 1550–1525 ق.م.) البلاد مرة أخرى وشيد عاصمته الجديدة في طيبة، واستمرت المملكة الجديدة خمسة قرونٍ قبل أن تنهار باندلاع الحرب الأهلية عام 1070 ق.م. بدأت فترة حكم آخر السلالات بعد الفترة الانتقالية الثالثة في حوالي عام 670 ق.م.، كانت مصر خلالها مقاطعة تابعة للآشوريين ومن بعدهم الفرس. وفي عام 332 ق.م. هزم الإسكندر الأكبر المقدوني (356–323 ق.م.) مصر ليحكمها الفراعنة البطليموسيون (أو البطالمة) متخذين الإسكندرية عاصمة لهم.

أسهم قدماء المصريين في تطور الزراعة والهندسة ومجالاتٍ أخرى من حقول العلوم التطبيقية. وبنوا أهرامات الجيزة في السنوات ما بين 2550 ق.م. و 1640 ق.م. كما شهدت مدن أبيدوس وأبو سمبل وطيبة تشييد مبان رئيسة من عام 1307 ق.م. وحتى عام 1196 ق.م.، وذلك في عهد المملكة الحديثة تحت حكم الفرعون سيتي الأول (حكم 1291 ق.م.1279– ق.م.) ورمسيس الثاني (حكم 1279 ق.م. – 1212 ق.م.). نمتلك اليوم معلومات غزيرة عن تلك الأزمنة الغابرة بفضل اختراع المصريين الكتابة (الهيروغليفية) في حوالي عام 3100 ق.م. وقد حفظت المخطوطات سجل كل حدثٍ بدءاً من نشاطات الفراعنة وحتى تسيير الشئون اليومية للمعابد. ومن حوالي عام 2800 ق.م. كتب المصريون على أوراق البردي، وهو نوع من الورق يصنع من سيقان النباتات القصبية التي كانت تنمو على ضفاف نهر النيل، وقد ساعد المناخ الجاف للمنطقة على حفظ مخطوطات البردي.

ساهمت الرموز الهيروغليفية في وضع نظام عددي، واعتمد المصريون منذ البداية على وجود الفواصل العشرية في نظامهم. واعتمدوا أيضا تقويماً قمرياً تبلغ أيامه 365 يوماً مقسمين العام إلى 12 شهراً طول كل منها 30 يوماً (قسم الشهر إلى ثلاث فترات بطول عشرة أيام لكل فترة)، وأضافوا خمسة أيام في نهاية كل سنة للأعياد. ويعزى إلى المصريين أيضا الفضل في تقسيم اليوم إلى 24 فترة «ساعة» (غير متساوية) اتخذوها مواقيت لعبادتهم إله الشمس رَع، في أساطيرهم أن رحلة رَع في العالم السفلي تستغرق 12 ساعة وتمتد فترة سطوع الشمس 12 ساعة أيضا.

علاوة على ذلك ابتكر المصريون الساعة الشمسية، أو الغنومون، لتحديد الوقت خلال النهار، والتي استبدلوها في حوالي عام 1450 ق.م. بالساعة المائية، أو كليبسيدرا. تتكون الساعة المائية من وعاء مثقوب من الأسفل ومعاير برموز مرسومة من الداخل تدل على الوقت. ويتم قياس الزمن بقياس معدل الماء الذي ينزل من الثقب. كما طور المصريون تقويماً يعتمد على حركة نجم الشعرى اليمانية (نجم الكلب)، والذي أطلقوا عليه مسمى سوثس، وقرنوا الشمس والنجوم بالآلهة.

اعتمد المصريون في الزراعة كلياً على فيضان نهر النيل. ولذلك شيد المهندسون المصريون سدوداً لتوفير خزانات لحفظ المياه تستغل في ري الأراضي الزراعية وبلغ طول أحد السدود، الذي شيد في وادي نهر غروي عام 3000 ق.م.، 328 قدماً (100م) وعرض قاعدته 362 قدماً (110 م)، وارتفاعه عند منتصفه 39 قدماً (12 م). وأنشأوا نظام قنواتٍ لتحويل المياه إلى الحقول الزراعية، ووضعوا على ضفاف نهر النيل أجهزة «النايلوميتر» لقياس مستوى ارتفاع المياه، ومن ثم حساب حصة كل مزارع من هذه المياه. وبدورها، تحدد الحسابات، وكميات المحاصيل التي يسمح لكل مزارع زراعتها، (وبالطبع تحدد مقدار الضريبة التي يجب عليه دفعها). كانت تتم مراقبة أجهزة النايلوميتر الموضوعة أعلى النهر بشكل دقيق تحسباً لحدوث الفيضانات حتى يمكن إعلان الإنذار قبلها بوقت كافٍ يسمح بتقوية المصدات الترابية ودعم السدود.

اخترع المصريون الشادوف حوالي عام 1500 ق.م. لنقل مياه الري من القنوات الرئيسة إلى أخاديد الري. ويتكون الشادوف من عارضة أفقية تستند على طرفي غصن شجر على هيئة شوكة مثبت بالأرض، ولرفع الماء يمر حبل على العارضة ويربط في أحد طرفيه حجر موضوع في كيس أو حقيبة جلدية وفي الطرف الآخر دلو يملأ بالماء. ومثلما يعمل النوسان أو الأرجوحة (لعبة يستخدمها الأطفال للتأرجح)، يمكن رفع الماء إلى مسافاتٍ عالية دون عناء كبير، ومازال المزارعون المصريون يستخدمون الشادوف حتى يومنا هذا. وتعتبر القناة التي شيدت حوالي عام 1200 ق.م.، لربط بحيرة التمساح في أعالي النيل بالبحر الأحمر، مازالت تعتبر أكبر قناة بناها المصريون. وعلى امتداد نهر النيل مخرت زوارق تبلغ 197 قدماً (60 م) طولاً عبابه لنقل المسلات إلى مجمعات المعابد.

يعد بناء الأهرامات أحد أعظم الأعمال الهندسية الفذة عبر التاريخ الإنساني، فمن دون عجلات أو بكرات ودون استخدام الجياد أو دواب الأحمال الأخرى رفع العاملون المصريون بدوياً أحجاراً تبلغ كتلة الواحدة منها 15 طناً (14 طناً مترياً) إلى ارتفاع يقارب 492 قدماً (150 م). ويعتقد أن العمال المصريين شيدوا سطوحاً ترابية مائلة حول الأهرامات خلال بنائهم لها، وأن المئات من الرجال سحبوا الصخور عبر الصحراء بوضعها على زلاجات تستقر على جذوع مزيتة. شيد العاملون النصب بهندسة دقيقة مستخدمين مجموعة كوسات (الكوس أداة يستخدمها النجارون لتحديد الزاوية) وخيط يتدلى منه ثقل (لتحديد استواء البناء عموديا) متخذين النجوم مناط إسنادٍ لهم للتأكد من استقامة البناء.

تنتصب ثلاثة أهرامات شيدت على السهول الصخرية بمنطقة الجيزة على الضفة الغربية لنهر النيل، ويعد هرم خوفو (تشيوس في اللغة الإغريقية) أكبر هذه الأهرامات وأقدمها. وبعد عمل استمر 25 عاماً انتهى بناء الهرم الأكبر عام 2550 ق.م. ليرتفع 482 قدماً (147 م) عن سطح الأرض، وتمتد جوانب القاعدة مسافة 755 قدما (230 م)، ورصفت صخور النصب بدقة باستخدام إبرة بوصلة، واستخدمت أحجار الكلس (الجير) لبناء الهيكل من الداخل، وكانت التكسية الخارجية في الأصل مصنوعة من الكلس الأبيض، لكنها تعرت بفعل عوامل الزمن. ويضم البناء الداخلي أروقة وصالاتٍ وغرفاً، نُهبت في الغالب محتوياتها منذ قرون مضت، وعلى مر السنين انتزع الناس بعض أحجار الهيكل، إذ يبلغ طوله حاليا 453 قدماً (138 م) فقط.

خصص الهرم الأوسط للملك خفرع (تشفرين في اللغة الإغريقية) وبلغ ارتفاعه الأصلي 469 قدماً (143 م)، أما الهرم الأصغر، الذي بني للملك منقرع (مايكرينس باللغة الإغريقية) فكان طوله 217 قدماً (66 م). ويقع تمثال أبو الهول إلى الجنوب من الأهرامات، ويحمل التمثال رأس رجل، يعلوه وشاح الرأس الذي كان يلبسه الفراعنة، موضوع على جسم أسد. وقد نحت التمثال من حجر الكلس الطبيعي، ويزيد طوله عن 230 قدماً (70 م) وارتفاع رأسه 66 قدماً (20 م).

وعلى مستوى أصغر نحت الصناع المصريون التماثيل المختلفة وصنعوا أنواع الحلي الدقيقة، واستخدموا المثقاب والمنشار والمبرد لتشكيل الصخور والمعادن، كما توصلوا إلى صناعة الزجاج بصهر الرمل مع الصودا التي كانوا يحصلون عليها من البحيرات المالحة. وكانت صناعة الأدوات الزجاجية تتم في البداية بنحت الزجاج للحصول على الأشكال التي يريدون تكوينها، لكنهم في مرحلةٍ لاحقة لجأوا إلى صب صهير الزجاج في قوالب، بل ونجحوا أيضاً في صناعة القوارير. يضاف إلى هذه الصناعات صناعة المرايا التي كانوا يصنعونها بصقل البرونز. وكانت الغالبية العظمى من إنتاجهم تذهب لطبقة الكهنة والنبلاء.

تشير العديد من الوثائق المستكشفة إلى قدرة الأطباء المصريين على معالجة مدى واسعٍ من الأمراض والكسور والاصابات من بينها كسور العظام والجروح، وتصف أوراق إدوين سميث البردية (نسبة إلى عالم المصريات الأمريكي الذي اكتشف الوثائق عام 1862 في الأقصر) التي تعود إلى عام 1600 ق.م.، تصف الطريقة التي عولجت فيها كسور العظام باستخدام جبيرة من عظام الثيران تستخدم كسناد للعظم المكسور ومن ثم لف الجبيرة بأربطة مشبعةٍ بمحلول الراتنج. أما ورق بردي أيبرس الضخم، والذي يبلغ طوله 66 قدماً (20 م) ويعود إلى 50 سنة بعد ذلك (عام 1550 ق.م.)، فيحتوى على التعاويذ والرقى (الرقيات) ضمن وسائل العلاج، ويعدد أيبرس 83 مرضاً كما يصنف 700 ترياقٍ مصنوع من الأعشاب والمعادن.

باستثناء الفراعنة وأنسالهم تكاد المخطوطات المصرية أن تخلو من ذكر الآخرين في مجتمعات مصر القديمة، لكننا نعرف عن أمنحوتب الذي كان منجماً ورجلاً راشداً ورئيس وزراء الملك زوسر (حكم 2630–2611 ق.م). قام أمنحوتب بإعداد التصميم الأصلي لمعبد حورس بمدينة إدفو في أعالي النيل، وكان مهندس هرم نيكروبولس (مدينة الأموات) المدرج عام 2630 ق.م. في سقارة بقرب ممفيس. ويبلغ ارتفاع الهرم ذي المصطبات الست 203 أقدام (62 م) ويعد أقدم هيكل صخري معروف في العالم. قُلد أمنحوتب فيما بعد مرتبة الألوهية، بل وعبد في اليونان إذ قرنوه مع الإله أسكيلبيوس (إله الطب عند اليونان).

تواريخ مفصلية في التاريخ المصري القديم	
3100 ق.م.	بداية عهد ما قبل الأسر الحاكمة.
2575 ق.م.	تأسيس المملكة القديمة.
2125 ق.م.	نهاية عهد المملكة القديمة (بداية العهد الانتقالي الأول).
2040 ق.م.	بداية المملكة الوسطى.
1640 ق.م.	نهاية المملكة الوسطى (بداية العهد الانتقالي الثاني).
1550 ق.م.	بداية المملكة الحديثة.
1070 ق.م.	نهاية المملكة الحديثة (بداية العهد الانتقالي الثالث).
670 ق.م.	بداية عهد السلالات المتأخرة.
332 ق.م.	نهاية عهد السلالات المتأخرة (فترة حكم البطالمة الإغريق).

الحثيون (1700 - 1200 ق.م.)

يذكر التاريخ الحثيين لإنجازٍ واحدٍ فقط، صناعة الحديد. سكن الحثيون المنطقة المعروفة بالأناضول والتي تمتد اليوم على جزءٍ كبيرٍ من تركيا وشمال سوريا، ومن عاصمتهم حتوساس (قرب مدينة بوغازكوي التركية حاليا) بدأ الحثيون بناء مملكتهم حوالي عام 1650 ق.م.، وأضحوا قوة لا يستهان بها لفترة قصيرة. ففي عام 1370 ق.م. هزموا شعب متاني في أرمينيا غرب آسيا، وفي عام 1595 ق.م. أسقطوا بابل واقتلعوا الإمبراطورية البابلية وذلك تحت قيادة ملكهم الملك مورزليس (مورتشيلي). وفيما بعد، حوالي عام 1285 ق.م.، شنوا الحرب على **المصريين** في موقعة قادش (في سوريا) مستخدمين عربات حرب يجر الواحدة منها حصانان.

استنسخ الحثيون أسلوب صهر الحديد من خاماته من شعب متاني، وتمثل الأسلوب برص الحديد الخام مع الخشب داخل فرن طيني بسيط يتكون من حفرة في الأرض وتسخين الخشب فيؤدي ذلك إلى تحوله إلى فحم نباتي، ويؤدي ذلك بدوره إلى تفاعل الحديد الخام مع ذرات الكربون لينتج حديداً مشوباً بخبث زجاجي، ومن بعد ذلك يقوم الحداد بطرق الناتج لتخليصه من الخبث (معيدا الطرق بينما يتوهج الناتج) ليشكله أنصالاً وسيوفاً ومديّ ورؤوس رماح. ويتم في النهاية تقسية سطح النصال برش الفحم النباتي عليها وطرقها، ويمكن القول أنهم أنتجوا نوعاً من الفولاذ بطريقتهم هذه. وعلى الرغم من حرص الحثيين الشديد على كتمان سر تقاناتهم بدأت صناعة الحديد بالانتشار في أوروبا حوالي عام 1000 ق.م.

رعى المزارعون الحثيون الأبقار والماعز والنعاج

وزرعوا القمح والشوفان ومحاصيل زراعية أخرى، واهتموا أيضا بتربية النحل للحصول على العسل والشمع ومن ثم نقلوها إلى **الآشوريين**. ويعتقد أن الحثيين، مثلهم مثل **المصريين**، خمروا العسل لإنتاج شراب الميد الكحولي (مفردة الميد مشتقة من مفردة ميدهو التي تعني العسل في اللغة السنكريتية).

الحضارة الهندية (4000 - 1750 ق.م.)

تركزت الحضارة الهندية الأولى في وادي نهر الهندوس في الجزء الشمالي الشرقي من شبه القارة الهندية (باكستان حاليا). رعى المزارعون الأغنام والنعاج في الجبال القريبة من الوادي حوالي عام 6500 ق.م. وبحلول عام 4000 ق.م. سكن الرعاة وادي الهندوس وشيدوا السدود والقنوات للتحكم في مياه الفيضانات لأغراض الري. لكن هذه الحضارة لم تكن محصورة في منطقة الوادي، بل امتدت غرباً حتى بحر العرب وشرقاً حتى خليج كامبي وحوض نهر يامونا (متفرع من نهر جانكيز في شمال الهند)، وبذلك احتلت هذه الحضارة مساحة تزيد عن 251,000 ميل مربع (650,000 كم^2) مما جعل المساحة التي سيطرت عليها أكبر من المساحة التي قامت عليها الحضارتان **المصرية والسومرية** معا.

في حوالي عام 2600 ق.م. تأسست مدينتان كبيرتان هما مدينة هارابا (في إقليم البنجاب حاليا) ومدينة موهنجو- دارو (في إقليم السند في باكستان حاليا) - بلغ عدد سكان هارابا وحدها 40,000 نسمة يسكنون بيوتاً مصنوعة من الطوب ومزودة بالحمامات ونظام صرف صحي مصمم على شكل شبكة (أو ملعب). نافست هاتان المدينتان المدن السومرية في الحجم والتعقيد. واستأنس المزارعون حيوان الدرباني، البقر ذا السنام، لتوفير اللحوم والألبان والجلود للدباغة، كما زرعوا محاصيل القمح والدُخن والشعير، كما كانوا يعرفون القطن، لكن من غير المؤكد قيامهم بزراعته. واستخدم الصناع الأصداف المصقولة في صناعة المجوهرات واستوردوا الأحجار شبه الكريمة، كما صنعوا بعد عام 2000 ق.م الأدوات من النحاس والبرونز. ولأسباب مجهولة بدأت المدينتان بالانهيار في حوالي هذا الزمن وهجرها معظم سكانها بحلول عام 1750 ق.م.

بلاد الرافدين
(حوالي 8000 - 1600 ق.م.)

تسمى منطقة بلاد الرافدين باللغة اللاتينية ميزوبوتامين وتعني «بين النهرين» وتشير إلى الأرض الواقعة بين نهري دجلة والفرات والتي تشكل العراق حالياً بالإضافة إلى جنوب شرق تركيا وشرق سوريا. تعتبر المنطقة في التاريخ القديم مهداً للزراعة والحضارة في الشرق الأوسط مع ما يعرف بالهلال الخصيب الممتد من بلاد الرافدين وحتى وادي نهر النيل في مصر، وعبر هذه المنطقة الشاسعة عمد المزارعون إلى ري حقولهم.

احتل بلاد الرافدين شعوب عدة بدءاً من عام 5000 ق.م. حين غزا **السومريون** دويلات (المدن - الدول) لكش (تل الهبة) وأور وغيرهما وتبعهم **الآشوريون** ومن بعدهم **البابليون**. ونظراً لافتقار المنطقة للمعادن وأحجار البناء وأشجار التحطيب أصبحت مركزاً للتجارة. وفي المقابل كانت هناك وفرة في الطمي لتصنيع الطوب، ولذلك استكشفت سجلات مكتوبة على ألواح طينية تعود إلى حوالي عام 7500 ق.م. استأنست شعوب بلاد الرافدين الكلاب (حوالي عام 10,000ق.م.) والماعز والنعاج (حوالي عام 8000 ق.م.)، كما اخترعوا فلكة غزل الصوف (حوالي عام 5000 ق.م.). وفي حوالي عام 5000 ق.م. ظهرت المراكب تمخر النهرين. ويعود تاريخ ظهور عجلة صانعي الفخار إلى حوالي عام 3500 ق.م.، ويحتمل أنها مصدر فكرة ابتكارالعجلات التي استخدمت لجر عربات النقل فيما بعد.

الأمريكيون الأصليون (من 8500 ق.م.)

سكن غالبية الأمريكيين الأصليين في الشمال الأمريكي في تجمعات سكنية قروية أو كمجموعات رحالة (بدوية) تمتهن الصيد وتطارد قطعاناً كبيرة من الثيران الأمريكية. وقد استكشف علماء الآثار نصال سهام يعود تاريخها إلى 8500 ق.م. اتخذ البعض من الخيام المصنوعة من الجلد سكناً لهم أو سكنوا الوغم (كوخ بيضاوي أو مستدير الشكل) مصنوع من هيكل معروش مغطى بالجلد، وفي حوالي عام 3000 ق.م. سكنت قبائل غرب نيفادا الكهوف. صنع الأمريكيون الأصليون الأغطية والسلال، كما صنعوا بعض حاجاتهم من الريش، وبعد حوالي 500 سنة صنع سكان وادي نهر السافانا الأواني الفخارية، كما أن الشعوب التي اعتمدت على الصيد والجمع على طول السواحل الشرقية بنت مصائد داخل البحر لجمع الأسماك بعد انحسار المياه عنها. وتدل حلى الزينة والزخارف والأدوات الباقية المصنوعة من النحاس على تعدين شعوب منطقة البحيرات الكبرى لهذا المعدن حوالي عام 2000 ق.م.، وفي حوالي هذا الوقت أيضاً تحولت هذه الشعوب من حياة البداوة لتتبنى طريقة حياة أكثر استقراراً، تعتمد على استئناس الحيوانات والنباتات وزراعة المحاصيل. وفي موقع بوفرتي بوينت في لويزيانا وجد المنقبون أدوات مصنوعة من الحجر وحلي معدنية تعود إلى حوالي عام 1600 ق.م.

أما شعوب أمريكا الوسطى فقد امتهنوا الزراعة قبل ذلك التاريخ بوقت طويل، إذ زرعوا اليقطين والسكواش في حوالي عام 8000 ق.م.، ويحتمل أن تكونا أول فاكهة تزرع كمحصول. وفي حوالي عام 5000 ق.م. زرعت شعوب وادي توهوكان في المكسيك نوعاً أولياً من أنواع الذرة (الميز)، الذي أصبح خلال فترة قصيرة الغذاء الرئيس في المنطقة، وبحلول عام 4500 ق.م. تقريبا زرعوا الأفوكادو والقطن.

شهدت مناطق أمريكا الجنوبية أولى نشاطات الإنسان في استئناس الحيوانات وزراعة النباتات وتركزت غالبية هذه النشاطات في المنطقة حول بيرو الحالية، ففي حوالي عام 7500 ق.م. زرعوا أنواع الفلفل، كما استأنسوا الخنزير البري (الغيني) في حوالي عام 2000 ق.م. والذي ربوه مصدراً للطعام، علاوة على استئناس الألبكة واللاما (حوالي عام 3000 ق.م.). وبعد حوالي 500 سنة بدأوا زراعة الفول السوداني كمصدر غذائي. ونظرا للبرودة الشديدة في مناطق جبال الأنديز اتخذ السكان من البطاطس غذاءً رئيساً بدل الذرة التي شكلت الغذاء الرئيس للمناطق الشمالية من أمريكا الجنوبية، وذلك في حوالي عام 4000 ق.م. وزرعوا أيضاً الكينوا (رجل الإوز)، وهو من النباتات النشوية، وطحنوا حبوبه لصنع الطعام. وفي أقصى الجنوب الأمريكي زرع السكان المنيهوت (الكاسافا أو المانيوك) لاستعماله كنوع من الدقيق.

تبين الآثار المستكشفة أن الإكوادور وكولومبيا شهدتا صناعة الفخار في وقتٍ مبكرٍ جداً، في حوالي عام 3000 ق.م. وبحلول عام 2500 ق.م. شيدت الشعوب التي قطنت السواحل الشمالية لبيرو مجمعات أبنية تبلغ مساحاتها 30 فداناً (12 هكتار)، وتشمل ساحات عامة وشوارع. وعلى مرتفعات لاغالدا كسيت حجارة المباني المشيدة بالكلس (الجير) في حوالي عام 1200 ق.م. وبذلك أضحت مدينة شافن (بيرو حاليا) مركزاً حضارياً جديداً في الوادي.

الفينيقيون (2900 - 332 ق.م.)

امتهن الفينيقيون الإبحار والصناعات البحرية في شرق حوض البحر المتوسط وتركز نشاطهم الرئيس على التجارة. بدأ الفينيقيون بالاستقرار على سواحل لبنان الحالية وأسسوا مدنهم الرئيسة، صور وصيدا وبيروت، في حوالي عام 2900 ق.م. وشملت دولتهم، فينيقيا، لبنان وأجزاء من الأرض المحتلة في فلسطين وسوريا. ونظرا لمهارة الفينيقيين في الملاحة البحرية أسسوا المستعمرات في اليونان وقبرص وسردينيا وصقلية حتى وصلوا إسبانيا وشمال إفريقيا. تأسست مدينة أوغاريت (رأس شمرا حاليا) قرب اللاذقية في غرب سوريا قبل عام 2500 ق.م. وغادر

(كادز في إسبانيا الحالية) عام 1100 ق.م. وأسس المهاجرون الفينيقيون من صور مدينة قرطاج (في تونس الحالية) عام 814 ق.م. امتد تأثير الفينيقيين خارج حدود الشرق الأوسط حتى وصلت تجارتهم إلى بريطانيا حيث استخرجوا القصدير من منطقة كورنوول في الجنوب الغربي لإنجلترا.

تميز الفينيقيون في مجال الصناعة بتصنيع المجوهرات الدقيقة وصناعة الزجاج كما يرجع البعض فضل تصنيع المرايا من الزجاج أول مرة إليهم، كما أنهم صنعوا الصابون، على الرغم من أن **السومريين** سبقوهم في ذلك.

من أهم إسهامات الفينيقيين دون ريب استنباطهم النظام الأبجدي المحتوي 22 حرفاً في حوالي عام 1000 ق.م. **فالمصريون** والسومريون ابتكروا الكتابة الهيروغليفية والتصويرية من قبلهم دون أن تكون لهم أبجدية. اعتمد النظام الأبجدي الفينيقي - الذي عبر عن كل صوت فيه بحرف - على اللغة السامية الشمالية، وخلال زمن وجيز نشر التجار الفينيقيون أبجديتهم حيثما حلوا. من جانب آخر نبعت الأبجدية الإغريقية من الأبجدية الفينيقية، مما يعني - وإن كان بشكل غير مباشر - أنها مصدر الأبجدية الحديثة أيضاً (مع ملاحظة أن الكتابة الفينيقية تبدأ من اليمين إلى اليسار). يضاف إلى ذلك أن بعض رموز الأبجدية الفينيقية حملت مدلولاً عددياً أيضاً، وهو عُرف أخذه المصريون والإغريق والرومان عنهم.

صنع الفينيقيون عام 950 ق.م. صباغاً جميلاً يطلق عليه مسمى أرجوان صور (نسبة إلى مدينة صور) استخلصوه من نوع نادر من الحلزون البحري ينتمي إلى عائلة المريق، كان الصِباغ نادراً وغالياً - إذ يستلزم صبغ رداءٍ واحد جمع آلاف الرخويات - إلى حد أن الملوك والأباطرة وحدهم امتلكوا القدرةعلى اقتناء الملابس المصبوغة به.

شيد الفينيقيون المراكب الساحلية الصغيرة وكذلك سفناً كبيرة يمكنها السفر في عباب البحر مستخدمين أشرعة مربعة ومجاديف. وفي حوالي عام 700 ق.م. شيدوا مركب البيريم - مركب بصفي مجاديف - ونظراً للسرعة العالية للبيريم عبر المسافات القصيرة طوع الإغريق السفينة للأغراض الحربية، وكانت قوة الإغريق البحرية السبب الرئيس في تهاوي تأثير الفينيقيين حين احتل الإسكندر الأكبر مدينة صور عام 332 ق.م.

السومريون (حوالي 5000 - 2000 ق.م.)

احتلت مدينة سومر جنوبي بلاد الرافدين في المنطقة ما بين نهري دجلة والفرات في عراق اليوم. كان السومريون أول من احتل بلاد الرافدين وشيدوا فيها مدناً رئيسة عدة، بحلول عام 3400 ق.م. بلغ عدد سكان أورك 40,000 نسمة. وخلال بضعة قرون اخترع السومريون المحراث والعجلة وتوصلوا إلى تقنية تصنيع الفخار وحفظوا سجلاتهم على ألواح طينية مكتوبة بلغتهم المسمارية الفريدة. وفي حوالي عام 2600 ق.م. أضحت مدينة أور (البصرة حاليا) مدينة السومريين الرئيسة وبقيت كذلك حتى احتلها الملك الأكادي سرجون الأول، الذي أسس أول امبراطورية في هذا الجزء من العالم، وامتدت تجارة الأكاديين إلى **الحضارتين المصرية والهندية**، في حوالي عام 2100 ق.م. تمكن الملك أور- نامو من استعادة سيطرة السومريين على المنطقة انطلاقاً من مدينة أور، واستمر سلطانهم حتى عام 1950 ق.م. عندما دمر العيلاميون الزاحفون من غرب إيران مدينة أور ومعها السلطة السياسية للسومريين ومنذ ذلك الحين أضحت بابل، في الشمال من نهر الفرات، المدينة الرئيسة (راجع **البابليون**).

قدم السومريون إسهامات مهمة في مجال العلوم وتطبيقاتها، فبحلول عام 3200 ق.م. صبوا رؤوس الفؤوس باستخدام النحاس والبرونز وهناك أدلة تشير إلى صنعهم الصابون بغلي الشحوم والرماد وذلك في حوالي 2800 ق.م.، اخترع السومريون أيضا محراثاً بسيطاً يُسمى الأرد يتكون من محور خشبي مدبب تجره الثيران لتقليب الأرض وحرثها. وحفروا القنوات من نهر الفرات لري أراضيهم الزراعية، وصنعوا أيضاً الخبز من الحبوب، رغم أن ما يقارب نصف إنتاجهم من القمح خصص لصناعة الجعة، وخمروا العنب البري والرطب للحصول على النبيذ.

شيد السومريون في عام 2100 ق.م الزقورة قرب مدينة أور - معبد مبني من الصخور على شكل هرم مدرج يقع المحراب على مصطبته العلوية، وهناك 24 زقورة أخرى في مدن سومر وبابل وآشور، وخصصت كل زقورة لإله اعتبر حامي المدينة المعنية. يشيد البناء الداخلي للزقورة باستخدام الطوب الطيني أما التكسية الخارجية فتتكون من الطوب المشوي. وتشكل غالبية قواعد الزقورات على هيئة مربعات أو مستطيلات، وتبلغ مساحة أكبرها (في مردوك وبابل) ما يزيد عن 328 قدماً مربعاً (100 م^2) و 79 قدماً (24 م) ارتفاعاً. كما يعتقد أن زقورة بابل هي المقصودة ببرج بابل المذكور في الإنجيل (العهد القديم). زرع الكهنة الأشجار والشجيرات على السفوح المنبسطة والمائلة من الزقورات مما أعطاها مسمى الحدائق المعلقة، إحدى عجائب العالم القديم السبعة.

بالإضافة إلى ذلك استخدم البناؤون السومريون الطوب في تشييد الأقواس والقباب في هياكلهم. وعلى سبيل المثال، بنى السومريون حول مدينة الوركاء قرب أور حائطاً يمتد مسافة 6 أميال (10 كم) والذي شكل مصدر الأسطورة القائلة بأن مثل هذا العمل الضخم قام به البطل الملحمي جلجامش، وقامت مدينة في موقع الوركاء من عام 5000 ق.م. حتى القرن الأول قبل الميلاد. بحلول عام 3500 ق.م. استخدم السومريون الطين لصنع الأواني الفخارية التي شكلوها على قرص دوار - عجلة تدار باليد - . ويحتمل أن العجلة كانت مصنوعة من قطعة خشبية واحدة أو من وصل عددٍ من الألواح الخشبية، وذلك نظراً لعدم وجود أشجار باسقة في المنطقة. وتعتبر عجلة الفخار أول نوع من أنواع العجلات وتعتبر مصدر ابتكار العجلات المستخدمة في النقل، ويبدو أنها طورت من الزلاقات التي استخدمت قبلها لنقل الأشياء، والتي قد تكون سحبت أيضا على بكرات من جذوع الشجر لنقل الأمتعة الثقيلة جدا، وتطورت الزلاقة ذات العجلات إلى عربة ذات عجلتين، وفي حوالي عام 3000 ق.م. ظهرت العربات رباعية العجلات التي تجرها الثيران، ظهرت العجلات الشعاعية في زمنٍ قريبٍ من زمن زوال الحضارة السومرية وذلك بعد عام 2000 ق.م.

في عام 3000 ق.م. وضع السومريون تقويماً ذا 360 يوما، واحتوى 12 شهراً بطول 30 يوماً لكل شهر، لكن هذا التقويم سرعان ما تناقض مع مواعيد بدايات فصول السنة مما حدا بالسومريين تعديله بإضافة شهر إليه (سُمي بخارج التقويم أو شهر النسيء) كل ثماني سنوات أو ما يقارب ذلك. ويبدو أن اعتبار العام مكونٌ من 360 يوماً كان جذاباً لعلماء الرياضيات السومريين نظراً لتطبيقهم نظاماً حسابياً أساسه العدد 60 (يستند نظامنا العشري إلى العدد 10 كأساس)، ولنظام الحساب ستيني الأساس عدة عوامل مشتركة - 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 10 ، 12 ، 15 ، 20 ، 30)- بل أن الرياضيات الحديثة تستخدم 60 دقيقة من القوس في الدرجة الواحدة و 360 درجة للدائرة الكاملة. وفي حوالي عام 2500 ق.م. استحدث التجار السومريون أوزاناً عيارية لتطبيقها في تجارتهم تستخدم وحدة المينا (18 أونصة أو 504 جم) لوحدة الوزن والذي يتكون من 60 شيكلاً (وزن الشيكل يساوي 0.3 أونصة أو 8.5 جم). وتزن كتلة من الأوزان الباقية من آثار مدينة لكش 17 اونصة (477 جم)، ويحتمل أنها كانت تساوي في الأساس مينا واحدة. ومن ضمن آثار لكش 30,000 لوحة طينية تشهد على شغف السومريين بتسجيل الأحداث وحفظها، وفي حوالي عام 2000 ق.م. استأنس السومريون الحمام، ويعتقد أنهم استثمروا غريزتها البيئية الأليفة لوضع نظامٍ للبريد الزاجل. وعلى الرغم من مضي أكثر من 4,000 سنة على سقوط الحضارة السومرية، لكنها خلفت وراءها اثنين من أهم اختراعات العالم قاطبة: المحراث والعجلة.

معجم المصطلحات

GLOSSARY

اختصارات

ولد: (لشخص متوفٍ لا يعرف عنه إلا تاريخ ولادته).

حوالي: (السنة التي ولد أو توفي فيها الشخص تقديرياً).

توفي: (لشخص متوفٍ لا يعرف عنه إلا تاريخ وفاته).

تاريخ بين حاضنتين يتبعه خط ( ): مثلاً بل غيتس 1955 – ، يعني أن الشخص مازال حياً عند كتابة هذا المؤلف.

اشتهر: (لشخص لا يعرف تاريخ ولادته أو وفاته)

استئناس (تدجين) Domestication
تكيف الحيوانات أو النباتات البرية من خلال التهجين للحصول على الأنواع ذات الخصائص المفيدة.

آركيولوجي Archaelogist
الشخص المعني بدراسة حياة البشر الأقدمين من خلال كشف وفحص الآثارالمتبقية من لمجتمعات السالفة.

أحافير Fossils
بقايا حيوانات ونباتات فترة ما قبل التاريخ المحفوظة في المواد الطبيعية من مثل الصخور الرسوبية والطين والعنبر والفحم.

أنثروبولوجيا Antropology
علم دراسة الإنسان من النواحي الحيوية والحضارية والاجتماعية.

إبياليثيك Epipaleolithic
مرحلة من مراحل العصر الحديدي الأوسط (ميزوليثيك) امتدت من حوالي 10,000 إلى 15,000 ق. م. وتشير الأحافير المستكشفة إلى سكنى الإنسان الأول شمالي أفغانستان.

إصهار Smelting
استخراج المعادن من الخامات الطبيعية بتسخينها إلى درجات حرارة مرتفعة.

انصهار نووي Nuclear Fusion
عملية دمج نواتين أو أكثر من أنوية العناصر لتنتج عنصراً أثقل.

باليوليثك Paleolithic
فترة العصر الحجري القديم وتعتبر مرحلة من مراحل التطور موغلة في القدم وتبدأ من حوالي 2.5 مليون سنة مضت ،استخدم الإنسان الأول خلالها الأدوات الحجرية المكشوطة.

بردي (ورق) Papyrus
مادة للكتابة عليها استحدثها قدماء المصريين وتصنع بطرق عيدان نوع معين من النباتات القصبية.

برونز Bronze
سبيكة غاية في الصلادة تكون من نسبة كبيرة من النحاس والقصدير.

تخمير Fermentation
تكسير السكر لاهوائياً بواسطة جُسيمات مجهرية من مثل خلايا الخمائر أو البكتيريا. ينتج عن العملية غاز ثاني أوكسيد الكربون.

تقطير Distillation
طريقة لفصل مكونات سائل عن بعضها بالتسخين استناداً إلى اختلاف درجة حرارة غليان هذه المركبات.

تقويم فلكي Astronomical Calendar
طريقة تحديد الفصول وبدايات الشهور والأيام بالرصد الدقيق للقمر والشمس والكواكب.

تنجيم Astrology
دراسة مواقع وخصائص النجوم والكواكب وتأثيرها المفترض على الأحداث الأرض.

تيرا كوتا Terra-cotta
نوع من الطين المشوي غير اللمع يستخدم في تشييد المباني وتصنع المشغولات من مثل الفخار (المفردة مشتقة من اللغة الإيطالية وتعني «الأرض المشوية»).

جاذبية Gravity
إحدى القوى الطبيعية الأساسية وتظهر بتجاذب الكتل في الكون بأسره مع بعضها. تدور كواكب المجموعة الشمسية في أفلاكها نتيجة لقوة جاذبية الشمس لها، كما أن سبب بقاء مادة النجوم مترابطة يعود أيضاً إلى قوة الجاذبية.

حرق الأرض Slash-and-burn
طريقة بدائية لإعداد الأرض للزراعة تعتمد على قطع أو حرق النباتات الطبيعية في مساحة من الأرض.

حشد نجمي Constellation
تجمع عشوائي لمجموعة نجوم يشكل نمطاً ما. يشير المصطلح أيضا إلى مساحة الكرة السماوية التي تحيط بهذه المجموعة من النجوم.

خسوف (كسوف) Eclipse
توار جزئي أو كلي لقرص القمر (الشمس) عن الأرض عند مرور الأرض (القمر) بين الشمس والقمر.

ري (نظام) Irrigation
ري المحاصيل الزراعية بواسطة طرق اصطناعية.

زقورة Ziggurat
معبد على شكل هرم مستطيل (تقل مساحة القاعدة مع الارتفاع) شيد له من طابوق طيني غير مشوي وكسيت سطوحه الخارجية بالطوب المشوي.

سبج Obsidian
مادة طبيعية زجاجية معتمة مصدرها البراكين وتتكون من تبرد صهير اللافا.

سبيكة Alloy
مادة تصنع من مزج معدن مع مادة أخرى للحصول على مميزات معينة مثل مقاومة التآكل أو صلادةٍ أكبر. من بين السبائك الشائعة البرونز والنحاس الأصفر والفولاذ

سحابة أوورت Oort Cloud
منطقة كروية يعتقد بأنها تحيط بالنظام الشمسي تتواجد فيها المذنبات بأعدادٍ هائلة.

شمس Sun
أي جرم سماوي يشبه شمس مجموعتنا الشمسية.

شمس (الـ) Sun, the
النجم الواقع في مركز المجموعة الشمسية وتدور الأرض والكواكب الأخرى في أفلاكها حولها.

صائد - جامع Hunter-gatherers
الإنسان المعتمد في معيشته على صيد الحيوانات البرية وصيد الأسماك وجمع النباتات البرية.

صخور رسوبية Sedimentary Rocks
صخور تتكون من المواد العضوية أو الأملاح المعدنية تطمر على شكل طبقاتٍ بواسطة الجليد أو المياه أو الرياح.

صوان (حجر) Flint
نوع من الكوارتز أسود اللون يوجد في الصخور الرسوبية. ويتميز بصلابة فائقة مما أدى إلى تصنيع إنسان ما قبل التاريخ أدواته منه.

طوب Adobe
نوع من الطابوق مصنوع من خلط طمي غليظ القوام بالقش ومن ثم ترك المزيج بعد تشكيله ليجف تحت أشعة الشمس بدلاً من شيه في الأفران، كما هو الحال في تصنيع الطوب المشوي الحديث.

عدد الأساس Base Number
في نظم كتابة الأعداد ذات القيمة الموضعية يمثل عدد الأساس وحدة النظام بحيث تتغير القيمة إلى الدرجة الأعلى عند تغير موضع هذه الوحدة. عدد الأساس في النظام العشري المستخدم اليوم، مثلاً، هو العدد 10. وبذلك فإن العدد 87 يتكون من عشرة «ثمنيات» مضافٌ إليها سبع وحدات. استخدم البابليون العدد 60 أساساً لنظامهم.

عصر برونزي Bronze Age
عصر ما قبل التاريخ في آسيا وأوروبا، استمر في الفترة 4000 – 1200 ق.م.، صنعت غالبية الأدوات والأسلحة خلاله من البرونز.

عصر حديدي Iron Age
الفترة التي أعقبت العصر البرونزي في حقبة ما قبل التاريخ شاع استخدام الحديد خلالها لتصنيع الأدوات والأسلحة.

علاج بالإبر Acupunture
ممارسة طبية أصلها من الصين يقوم فيها المعالج بغرز إبر عند نقاط معينة من الجسم بهدف تخليص المريض من الألم أو معالجة مرضٍ ما.

فلك (علم) Astronomy
دراسة الأجرام خارج الغلاف الجوي للأرض.

قمر Moon
التابع الطبيعي لأي من الكواكب.

قمر (الـ) Moon, the
التابع الطبيعي الوحيد للأرض.

قمري Lunar
منسوب إلى القمر.

كون Universe
مجموع الزمان والمكان (الزمكان) وما يحتويه.

كويكب Asteroid
الأجرام الصخرية السماوية التي تدور حول الشمس وتُعد بالآلاف. تقع غالبيتها بين مداري المريخ والمشتري.

لا فخاري Aceramic
حضارة أو عصر لم تظهر فيهما صناعة الفخار.

لازورد Lapis Lazuli
حجر شبه كريم.

مجرة Galaxy
تجمع كبير يحتوي عدداً كبيراً من النجوم والسدم والغازات تشكل نظاماً بفعل قوة الجاذبية.

محراث Plow
أداة تستخدم في حراثة الأرض الزراعية وتقليبها وتجرها الثيران أو الجياد أو المحركات الحديثة.

مدار Orbit
المسار الذي يتبعه جسم سماوي (أو تابع صنعي) تحت تأثير قوة الجاذبية.

مذنب Comet
جرم سماوي جليدي صغير يدور حول الشمس. بعض المذنبات ذات أزمانٍ دورية قصيرة مثل مذنب هاليٍ، ويكون المدار إهليجياً بدرجة كبيرة، مما يؤدي إلى عودته ضمن النظام الشمسي كل 100 عام تقريباً. أما المذنبات ذات الأزمان الدورية الطويلة فيعتقد أنها انفصلت في الأساس من سحابة أوورت. يتأثر المدار لبعضها بالمجال الجذبي للكواكب العملاقة، مما يجعلها تسبح في أعماق مابين النجوم.

مسماري Cuneiform
نظام الكتابة الذي استخدم في بلاد الرافدين خلال الفترة من القرن الثالث قبل الميلاد وحتى أواخر القرن الأول قبل الميلاد.

مشغولات Artifact
الأشياء التي يصنعها الإنسان.

ميزوليثك Mesolithic
العصر الحجري الأوسط ويعبر عن فترة من العصر الحجري بين فترتي الباليوليثك والنيوليثك وتمتد من حوالي 8000 وحتى 2700 ق. م

ناعورة Noria
آلة قديمة لرفع المياه وتتكون من سلسلة من الدلاء تمر على عجلة أو بكرة. تملأ الدلاء الموجودة أسفل المجموعة عند غطسها في بئر أو مجرى ماء، ومع دوران الآلة تنهمر المياه من الدلاء عند عبورها السطح العلوي للبكرة أو العجلة.

نجم Star
جرم سماوي مضيء بذاته نتيجة إطلاقه الطاقة من لبه حيث تتم التفاعلات النووية الاندماجية (الانصهارية).

نسج Weaving
عملية تحويل الألياف إلى أقمشة.

نظام شمسي Solar System
كل الأجرام السماوية الواقعة تحت هيمنة المجال الجذبي للشمس. ويتكون من الشمس وكواكبها التسعة بالإضافة إلى أقمار هذه الكواكب وأجرام صغيرة أخرى مثل الكويكبات والمذنبات.

نواة (الذرة) Nucleus, Atomic
الجزء المركزي موجب الشحنة ذو الكثافة العالية من الذرة.

فلكة الغزل Distaff
أداة يدوية بدائية لغزل النسيج تتكون من عصاً تلف عليها الألياف.

نيوليثك Neolithic
فترة ماقبل التاريخ لشعوب آسيا وأوروبا وتمتد بين عامي 9000 و2000 ق. م. تقريباً. توصل الإنسان خلال هذه المرحلة إلى استئناس (تدجين) الحيوانات والمحاصيل الزراعية وظهرت فيها المجتمعات الزراعية الأولية (راجع استئناس).

هيروغليفيا Hieroglyphs
نظام للكتابة استحدثه قدماء المصريين وشعوب المكسيك. يستعين النظام بالصور للتعبير عن الحروف.

SET INDEX

المسرد

A bold number shows the volume and is followed by the relevant page numbers (e.g., 1:11, 36). Page numbers underlined (e.g. 7:24–5) indicate the main entries for that topic. Italic page numbers (e.g., *2:21*) refer to illustrations and their captions. Page numbers followed by an asterisk (e.g. 3:50*) refer to entries listed in the Key People pages.

A

abacus 2:32–3, 41, 49; 8:44
Abbe, Cleveland 6:30
Abbe, Ernst 6:31
Abel, Frederick 7:10, 47
Abel, John 8:14
Abelson, Philip 8:31, 9:16, 50
Abrikosov, Alexei 10:24
Abt, Roman 6:43
Abu al Wafa' 2:41
Academy, Athens 2:7, 7, 48, 50
acetaminophen 7:36
acetanilide 7:36
acetic acid 2:38
acetone 7:34
acetylcholine 7:38; 8:6
acetylene 5:43; 8:6
acetylsalicylic acid 6:15; 7:36
Acharya, Bhaskara 3:7
Acheson, Edward 7:11
acids 2:35; 5:7, 8:10
Ackermann, Rudolph 5:27
acriflavine 7:34
actinium 7:18
actinometer 6:47
acupuncture 1:27, 30, 2:28, 31
acyclovir 9:31, 47
Adams, John 5:41
Adams, Robert 5:41
Adams, Walter 7:38, 8:22
Adams, William 6:10
adding machines 3:43; 8:27, 44
Addison, Thomas 6:18
Adelard of Bath 3:7, 10
adenosine diphosphate 8:42
adenosine triphosphate 8:34, 42, 9:19
Ader, Clement 7:11, 28, 29
Adleman, Leonard 10:7
Adler, Alfred 7:48
adrenocorticotropic hormone (ACTH) 9:13
aeolipile 2:20, 49
aerometer 4:42
aerosol 8:14
Agassiz, Louis 5:42
Agricola, Georgius 3:37, 5:24
agriculture 1:16–17, 18, 28–9, 40, 50, 3:17, 4:31
Agrippa, Marcus 2:20, 21, 23
AIDS 9:39, 47, 10:6, 7, 24, 31, 47, 49
Aiken, Howard 8:38, 44
air 4:34; 5:7; 7:23
air-flow, speed of 4:31
airliners 7:35; 8:23
  Airbus 10:14, 43, 43
  Boeing 10:43
  Concorde 10:14, 20
  jet 8:43; 9:8, 8, 26, 32
  Jumbo jets 9:26, 32
  supersonic 9:26, 26, 33, 40
  turboprop 8:43
airplanes 7:28–9; 7:34, 8:23, 27; 10:20, 42
  biplanes 7:28, 29
  fighters 8:26, 27, 49, 9:9; 10:21
  gasoline engined 7:29
  jet 8:34, 35, 35, 9:8
  pedal powered 9:41, 41
  rocket-powered interceptors 8:38, 38, 49
  seaplanes 7:31
airplanes (cont.)
  solar-powered 10:8, 9, 35
  Stealth fighter 10:20, 20
  steam-powered 6:10, 11, 27, 50; 7:11, 15, 29
  vertical take off and landing 9:14, 14, 26, 26, 10:20
  see also flights; flying boats
air pump, *see* vacuum pump
airships 7:24–5; 43, 8:14, 18
  dirigibles 6:15
  nonrigid 7:22
  rigid 7:19, 24
air speed indicator 4:31
airspeed record 10:42
Airy, George 6:15
Akio Morita 8:39
Albert, Prince 6:16
Albert, Abraham 8:34
Alberti, Leon 3:26
alchemy 2:29, 30, 41, 51; 3:48
Alcmaeon 2:6, 46*
Alcock, George 9:25
Alcock, John 7:43, 43
alcohol 1:19, 2:20, 41
Alder, Kurt 8:15
Aldrin, Edwin (Buzz) 9:27, 42
Alembert, Jean d' 4:35
alembic 2:41
Alexander the Great 1:48, 51; 2:10, 19, 26
alfalfa (lucerne) 1:34
Alfvén, Hannes 8:35
algebra 2:21, 34, 39, 40, 47; 3:7, 10, 30, 50, 4:42, 8:7, 18, 34
algorithm 2:39, 40; 3:10
al-Hakim Mosque 3:6
Alhazen 3:6, 46*
alizarin 6:27
alkaloids 3:44
alkanes (paraffins) 6:11
alkyl groups 6:38
alleles 6:20–1
Allen, Bryan 9:41, 41
Allen, John 6:15
Allen, Paul 9:40; 10:8, 43, 47
Allen, Zachariah 5:30
allopurinol 9:47
alloys 1:39; 2:6; 7:38
Allwork, Matthew 10:42
alpaca, domestication 1:50
alphabets 1:24, 25, 35, 41, 51
alpha particles 7:14, 15, 23, 27, 50, 8:8, 8, 48
Alpher, Ralph 8:42, 48
Alpini, Prospero 3:42
Alter, David 6:15
alternator, polyphase 7:51
altimeter 4:16, 51
alum 3:26; 6:10
aluminum 5:31, 7:6, 24
Alvarez, Luis 8:38, 10:6, 46*
Alvarez, Walter 10:6, 46
Amazon River 3:31
Ambartsumian, Viktor 8:42
americium 8:39
Amici, Giovanni 6:11
amino acids 5:19; 6:51, 7:15, 22, 27; 8:26, 9:7, 12, 13, 24, 50
Ammanati, Bartolomeo 3:37
ammonia 4:43, 50; 5:11, 36; 6:35; 7:30, 30, 48
ammonia gas 3:17
ammonium chloride 2:38
ammonium perchlorate 10:38
Amontons, Guillaume 4:19
Ampère, André 5:30, 46*
Amundsen, Roald 8:14
analytical engine 5:30, 30, 38; 8:44
anaphylaxis 7:22
anatomy 3:17
  animals 2:6, 46
  humans 2:7, 3:32, 36, 36
Anaxagoras 2:6, 46*
Anaximander of Miletus 2:6, 46*
anchors 1:26, 48
Anderson, Carl 8:9, 22, 27
Andreessen, Mark 10:45
Andrews, Lester 10:39
Andrews, Roy 7:39, 39
Andrews, Thomas 6:18, 30
androsterone 8:18
Anel, Dominique 4:26
anemia 4:14; 8:10
anemometer 4:14, 48
anesthesia 6:11; 8:35, 39, 7:6
  see also chloroform, cocaine; ether; nitrous oxide
angiogenesis factor 9:19
angiography 8:15
Angström, Anders 6:22
aniline dyes 6:18, 51
animals 5:30, 49; 7:38
  anatomy 2:6, 46
  classification 2:7, 10–11
  dissections on 2:46, 48
  domestication 1:22–3
Anklitzen, Konstantin 3:25
Anning, Mary 5:23, 28, 30
anthrax 6:23, 49, 51
antibiotics 8:15, 20–1, 30, 34, 42
anticoagulants 7:42
antihistamines 8:27
antihydrogen 10:30
antimatter 8:9, 14, 10:30
antiproton 9:12, 51
antiseptics 6:49; 7:34
Apgar, Virginia 9:6
Apianus, Petrus 3:36
Apollo space program 9:42–3
Apollonius of Perga 2:14, 34, 46*
appendicitis 3:36, 7:6
Appert, Nicholas 5:22
Appleby, John 5:17
Appleton, Edward 8:10, 39
aqualung 8:35
Aquapendente, Hieronymus Fabricius ab 3:43
aqueducts 1:46; 2:21, 21, 48
  Aqua Appia 2:7
  Aqua Virgo 2:20; 3:26
  Delaware Aqueduct 8:38
  Nineveh 2:6, 51
  Pont du Gard 2:23, 23
  Roman 2:21, 22–3
Arabia, science 2:38–9
Arabs 1:46*
Arago, Dominique 5:31
Aramonte y Simoni, Aristides 7:19
Arber, Werner 9:11, 25
arc furnace, electric 7:11, 49
Archer, Frederick 5:33
arches 1:19, 27, 27, 2:21, 28; 6:22
Archimedes 2:14, 16–17, 26, 27, 34; 3:17; 4:28, 29
arc welder 7:43
Ardipithecus ramidus 10:24
areas, calculation of 2:20
Arend, Sylvain 9:13
Aretaeus of Cappadocia 2:21
Arfwedson, Johan 5:27
Argand, François Pierre 5:7
Argand, Jean Robert 5:19
Argelander, Friedrich 6:23
argon 7:14, 51
Aristarchus of Samos 2:46*; 3:41, 41
Aristotle 2:7, 10–11, 28, 29, 48, 50, 51, 3:12, 20, 21, 32, 40, 46, 47, 50, 51, 4:8–9, 9
arithmetic 1:24; 3:7
Arkwright, Richard 4:42, 5:12
Armati, Salvino degli 3:16
Armbruster, Peter 9:17; 10:6, 12
armillary rings 2:15
armillary sphere 3:16, 16, 51
armor, tinplate 3:16
Armstrong, Edwin 7:13, 42
Armstrong, Neil 9:27, 42
aromatic hydrocarbons 6:30
arquebus 3:24, 25
Arrhenius, Svante 6:43, 7:11, 15, 10:36
arrowheads, stone 1:11
arrows, ballistic fire 3:6
arsenic 3:16, 46, 5:42
Arsonval, Jacques d' 7:26
arsphenamine 7:36–7
arthritis 5:38
arthroplasty 7:26
artificial insemination 5:7
artificial intelligence 8:50
artificial limbs 3:36, 37
artificial silk (rayon) 7:11; 8:24
artillery 2:26–7, 3:15
Aryabhata 2:29
ASCII code 9:21
Asclepiades of Bithynia 2:15, 46–7*
Asclepius 1:31, 31, 49
ascorbic acid 8:22, 23
asparagine 5:19
Aspdin, Joseph 5:31
aspirin 6:19, 7:36, 36, 37
Assyrians 1:46*, 50
astatine 8:31, 9:16, 51
Astbury, William 8:14
asteroids 5:18, 22, 50, 8:7, 22, 30, 43, 46, 9:7, 39, 10:7, 18, 19, 24, 25, 31, 38
  discovery of 7:11, 19, 27, 50
  moons 10:26, 30, 38
  space probes 10:26, 34, 38, 42
astigmatism 5:18
Aston, Francis 7:17, 42, 8:6, 46*
astrolabe 2:14, 14, 40; 3:6, 7, 21, 51
astrological almanac 4:48
astronomical instruments, Arab 2:40
astronomical tables 3:7, 17, 28; 4:42
astronomy 2:30, 31; 38
astrophysics 10:50
Atanasoff, John 8:31, 35, 44
ataxia, locomotor 6:19
atlases 3:36, 50
atmospheric engines 4:22, 26, 44, 45, 49, 50, 51
atmospheric pressure 4:10, 16–17, 42, 50, 51
atom, model of 7:23, 23, 35, 50
atom bomb 8:35, 39, 40, 47
atomic number 6:32
atomic pile 8:40, 47
atomic structure 7:6, 14, 15, 16, 17, 46, 50
  nucleus 7:31, 31, 46, 50, 8:8, 27, 43, 9:6
atomic theory 5:19, 19, 46, 47
atomic weights 5:27, 6:19, 26
atoxyl 7:27
Atwood, George 5:10
Audemars, Georges 8:24
audio cassette tapes 9:21
audio tape, digital system 10:15
Audubon, John James 5:34, 35, 46*
Auenbrugger, Leopold 4:38
Auer von Welsbach, Karl 7:6, 27, 46*
Auger, Pierre 8:11
Aulenback, Kevin 10:13
aurora borealis 4:40, 46; 10:26
Australopithecus 8:11, 11
  A. afarensis 9:31, 31, 49, 10:12
  A. boisei 9:49
autogyro 8:10, 10
automobiles, *see* cars
Auzout, Adrien 4:7
Avenzoar 3:7
Avery, Oswald 8:38
avian influenza (bird flu) 10:31, 38
Avicenna 3:6, 7, 12, 26, 27, 46*
Avogadro, Amedeo 5:23; 7:30
axes, stone 1:10, 26, 51
axles 1:20, 26, 35; 3:21
Ayurveda 2:15
azathioprine 9:47
azidothymidine (AZT) 9:47
azo dyes 6:22
azurite 1:38

B

Baade, Walter 8:7, 23, 23, 38, 43, 46*, 9:6
Babbage, Charles 5:30, 38, 8:44
Babcock, Harold 7:30; 8:42
Babcock, Horace 8:42
Babo, Clemens von 6:11
Babylonians 1:46–7*, 50
Bachhoffner, George 6:14
bacilli 7:18
backstaff 4:36, 36
Backus, John 9:14, 10:11
Bacon, Francis 3:19, 43, 45, 46*; 9:15
Bacon, Roger 3:13, 16, 25, 46*
bacteria 4:18; 6:40, 41, 43; 7:30, 39; 10:6, 6–7
  staining 6:38
bacteriology 6:49
bacteriophages 7:38; 8:34
Baden Powell, Baden 7:28
Baekeland, Leo 7:27
Baer, Karl von 5:34, 42
Baeyer, Adolph von 6:31, 39, 39; 7:7
Bailey, Donald 8:34
Baily, Francis 5:42, 42; 6:36
Baird, John Logie 8:11, 12, 12
Bakelite 7:27
Baker, David 10:42
Bakewell, Robert 4:38, 38
balance, sense of 5:34, 34
Balard, Antoine 5:34
Balboa, Vasco 3:31
Ballard, Robert 10:14
ballista 2:26, 26
ballistite 6:50
balloons 9:20; 10:15, 21, 35, 46
  high altitude 6:30
  hot-air 1:48; 4:26, 26, 5:7, 7, 10, 14, 49, 7:34, 34, 10:35
  hydrogen filled 5:7, 50
Balmer, Johann 7:6, 46*
Baltimore, David 9:30
Baluchitherium 10:31
Banach, Stefan 8:10
Bang, Bernhard 6:40; 7:18
Banting, Frederick 8:6, 46*
Bardeen, John 8:42; 9:36, 46*, 47, 51
barges 1:26, 40, 49
barium 4:51; 7:18
Barkhausen, Heinrich 7:42
barley 1:10
Barnack, Oskar 7:38
Barnard, Christiaan 9:24, 46*
Barnard, Edward 7:10, 11, 39
Barnes, Charles 7:44
barometers 4:16–17, 22, 42, 47
  mercury 4:10, 16, 17, 50, 51; 5:15
Barr, Murray 8:43
Bartholin, Erasmus 4:15
Bartholin, Kaspar, Jr 4:23
Bartlett, Neil 9:18
Barton, Otis 8:19
Bartram, John 4:30, 30
Bary, Heinrich de 6:27
basket weaving 1:11, 11, 13
Basov, Nikolai 9:7, 28
Bates, Henry 6:23
Bateson, William 7:26
bathrooms 1:35
baths 2:18–19
bathyscaphe 8:43; 9:20
bathysphere 8:19
al Battani, Abu Abdullah Muhammad ibn Jabir (Albategnius) 2:39, 41, 47*
batteries 5:18, 18, 42, 6:19, 47, 48, 7:8–9, 8, 9, 19, 30; 10:34
battering rams 1:35
Baudot, Jean Maurice 6:34
Bauer, Wilhelm 6:28
Bauhin, Gaspard 3:43
Baumann, Eugen 6:31
Baumé, Antoine 4:42
Baumgartner, Felix 10:42
Bay, Zoltan 8:39
Baylis, Trevor 10:21
Bayliss, William 7:22
Bayt al-Hikma (House of Wisdom) 2:38, 39, 40
Beadle, George 8:34
Beagle, HMS, voyage of 5:42, 44–5, 45
beam balance 1:18
beam engines 4:44
beam press 1:40
Beaufort, Francis 5:19, 19

Dortmund-Ems 7:19
Erie 5:20, 20
Forth and Clyde 4:51
Gotha (Göta) 5:38
Grand Junction 5:21
irrigation 3:12
Nile–Red Sea 1:40, 49; 2:15
Orleans Canal 4:22
Panama 7:38, 40–1; 8:6
St. Lawrence Seaway 9:15
Sankey Brook Navigation 4:38; 5:20
Suez 6:30, 30
canals (cont.)
Sumerian 1:51
Tigris–Euphrates 10:26
cancer 6:31; 7:22, 31, 39; 8:11, 15, 23, 34, 9:6, 25, 10:13, 24
cancer cells 6:18; 8:10
Candolle, Augustin de 5:23
cannabis 1:46
Cannizzaro, Stanislao 6:14, 19
Cannon, Annie 7:22, 32
Cannon, Walter 7:18, 8:22
cannonballs, cast iron 3:30
cannon boring machine 4:43
cannons 3:20, 24, 25, 27; 7:44
arrow-firing 3:20
boring machine 3:36
breech loading 3:27; 5:23
Cano, Juan del 3:30, 39, 49
canoes 1:19, 36
Canton, John 4:39
Cantor, Georg 6:35
capillary action 3:30; 4:26, 26
caravels 1:36, 3:26, 34, 38
carbon 6:19
carbon-14 8:31, 38
carbon atoms 6:35
carbon dioxide (CO_2) 4:15, 48, 49, 50; 5:18, 46, 6:30, 10:18, 36–7
carbon fibers 9:21
carbon monoxide 4:50
carbon nanotubes 10:19
carbon suboxide 7:27
carbon tetrachloride (tetrachloromethane) 7:31
Carborundum (silicon carbide) 7:11
carburetors 6:44
Cardan, Jerome 2:14
carding machine 4:34
Carlisle, Anthony 5:18
Carlson, Chester 8:27, 46*
Carnot, Nicolas 5:31
Carnot, Sadi 6:51
carotene 8:19
Carothers, Wallace 8:19, 24, 24
carpet sweeper 6:35, 35
Carpue, Joseph 5:26
carracks 3:34–5
Carrel, Alexis 7:22, 31, 39
carriages
steam-powered 4:42, 42, 7:20
wind-powered 2:34
Carrington, Richard 6:19
cars 6:46; 7:6, 20–1, 30, 34
amphibious 10:42
Austin Mini 9:15, 15
computerized engine management 10:9
four-wheel drive 10:8
front wheel drive 8:23
fuel cell powered 10:34
fuel-efficient 10:21, 26
gasoline engines 7:7, 20–1
gas-turbine 9:8
mass production 7:21, 47
buffer solutions 7:23
Buffon, Georges de 5:49
buildings
cast iron 6:10
CN Tower 9:33
Petronas Twin Towers 9:33, 33, 10:34, 34
Sears Tower 9:33, 33
buildings (cont.)
tallest 10:34, 34, 35
World Trade Center 9:32
Bullock, William 6:26
Bunsen, Robert 6:14, 14, 22, 22, 47*, 47, 7:9, 46
Burdin, Claude 5:34, 6:12
Burgi, Joost 3:50
Burgundo of Pisa 3:12
Buridan, Jean 3:20, 47*
burimamide 9:46
Burkitt, Denis 9:13
Burroughs, William 8:44
Burton, William 7:35
Bush, Vannevar 8:19, 44
Bushnell, David 5:6; 6:28, 28
Bushnell, Nolan 9:33
Busignies, Henri Gaston 8:34
Butenandt, Adolf 8:18, 23
Butlerov, Aleksandr 6:26
Butterick, Ebenezer 6:23
Butterick, Ellen 6:23

C

cable car 6:27
cables
fiber optic 10:15, 27
submarine 9:20
Cabot, John 3:30, 39
Cabot, Sebastian 3:30
Cabral, Gonzalo 3:26
Cabral, Pedro 3:31, 39, 48
cacao 2:6
cadmium 5:27
Caesar, Julius 2:15, 15, 20
caffeine 3:44, 5:30
calciferol 8:7
calculating machines 3:43; 4:6, 6, 49, 50
calculators
electronic 8:31, 35, 38, 43
pocket 9:32; 10:51
calculus 3:20; 4:20, 49; 7:11, 27
calendars 1:19, 26, 27, 41, 42–3, 46, 47, 48, 51; 2:20, 24, 25, 30, 34; 3:6, 40
Callendar, Guy Stewart 10:36
Calley (Cawley), John 4:49
Callinicus 2:27, 34, 47*
Calmette, Albert 7:26
Calne, Roy 10:13
calorimeter 6:47
Calvin, Melvin 8:38; 9:13, 47*
camels, Bactrian, 1:22, 26, 27, 46
camera lucida 5:23
camera obscura 5:32, 33
Camerarius, Rudolf 4:23, 23
cameras 5:33; 7:38, 38, 8:34, 42; 10:14, 15, 42
motion picture 7:10, 14, 14
zoom lenses 9:15
Campani, Guiseppe 4:14
Campanus, Johannes 3:30
Campbell, John 4:34, 37
Campbell Swinton, Alan 8:12–13
camphor 7:14, 23
Campillo, Don Francisco Salvá i 6:24
canals 1:35, 2:51; 4:46; 5:20–1
Assyrian 1:46
Baltic–North seas 3:20
Bridgewater 4:38–9, 39, 46; 5:20, 20
Canal du Midi 4:22
Corinth 7:14
Bréguet, Louis 7:27; 8:28
Brennan, Louis 7:30
Brenner, Sydney 9:34, 10:40
Brentano, Franz 6:34
Breuer, Josef 6:34
Breughel, Pieter 3:37
Brewster, David 5:26
bricks 1:11, 18, 35, 50, 51
bridges 2:21, 3:14–15, 4:27, 43
arch 1:41, 3:37, 6:34
Avignon 3:12, 15
Bailey bridge 8:34
Bendorf 9:21
cable 3:17
cable-stayed 10:15, 21, 27
cantilever 6:27
cast iron 4:32, 33, 46
Chesapeake Bay 9:20, 21
Delaware River 8:14
floating 9:41
Golden Gate 8:27
Great Stone Bridge 2:34
Hell Gate Bridge 7:42
London Bridge 3:12, 12, 15; 9:32
Manhattan Bridge 7:31, 31
Marco Polo, China 3:12
New River Gorge 9:40
Pont de Neuilly 4:43
Ponte Vecchio 3:20
pontoon 2:6
Quebec 7:42
suspension 2:28; 6:6, 7, 46; 10:8, 34
Sydney Harbor 8:22, 22
Tacoma Narrows 8:31
trestle 2:15, 15
tubular 6:14
Verrazano Narrows 9:21
wrought-iron 6:46
Bridgman, Percy 9:12
Briggs, Henry 3:10, 43, 47*, 50
Briggs, Robert 10:32
Bright, Charles 6:18
Bright, Timothy 3:42
Brindley, James 4:39, 46*, 5:20
Bris, Jean Marie Le 7:28
Broca, Paul 6:22
Broglie, Louis de 4:29, 8:10, 46–7*, 50
bromine 5:34
Brønsted, Johannes 8:10
bronze 1:26, 35, 38, 38, 39, 48
bells 1:41, 41, 48; 2:31, 35
Brooke, George 3:49
Brown, Arthur 7:43, 43
Brown, Michael 10:39
Brown, Robert 5:34, 35, 38, 7:47
Browne, Thomas 4:10
Browning, John 7:45
Brownrigg, William 4:34
Bruce, David 7:14
Bruce, Moira 10:30
Brunel, Isambard 6:8–9, 9, 10, 19, 46–7*
Brunel, Marc 5:19, 26; 6:7, 46
Brunelleschi, Filippo 3:21, 21
Brunfels, Otto 3:36
Bruno, Giordano 3:42, 47*
Brush, Charles 3:9
Brusly, Adolphe de 7:40
BSE (bovine spongiform encephalopathy) 10:7, 13, 19, 30, 50
bubonic plague 2:34; 7:19
Buchner, Eduard 7:15, 23
Büchner, Johann 7:36
buckyballs 10:12, 22, 24
buckminsterfullerene 10:12, 22, 24
buckwheat 3:12
du 6:7
Bollee, Amedee 6:34, 7:20, 20
bolometer 6:42
Boltzmann, Ludwig 6:39
Bolyai, Janos 5:34
Bombardier, J. Armand 9:14
Bond, George 6:11, 49
Bond, William 5:43; 6:11, 14, 49
Bondi, Hermann 8:42
Bonner, James 9:18
Bonnet, Charles 4:35
Bonrepos, Pierre-Paul Riquet de 4:22
bookkeeping 3:10, 30
books 2:24, 41, 43; 3:27, 28, 47
see also chemistry; mathematics, medical surgical books
Boole, George 6:15
Boot, Henry 8:31, 33
Booth, Hubert 7:22, 22
Bopp, Thomas 10:30, 30
Borel, Jean-François 9:31
Borghesano of Bologna 3:17
boric (boracic) acid 4:22
boring machine 5:6
Born, Max 7:42, 8:49
boron 7:31
Bosch, Carl 7:30, 30, 48
Bose–Einstein condensates 10:25, 30
bosons 9:19; 10:7, 25, 51
botanical gardens 3:20; 4:30, 30
botany 2:48, 51; 3:36
Bothe, Walther 8:8, 18
Böttger, Johann 4:26
Bouguer, Pierre 4:31
Boule, Marcellin 7:30
Boulsover, Thomas 4:34
Boulton, Matthew 5:8
Bourbaki, Nicolas 8:30
Bourgeois, Simon 6:23, 28
Boussingault, Jean 5:39; 6:6
Bouvard, Alexis 5:30
Boveri, Theodor 7:7
Bovet, Daniel 8:27
Bowditch, Nathaniel 5:22
bows and arrows 1:11; 2:40
Boxer, Edward 6:26
Boyden, Uriah 6:12, 13
Boyer, Herbert 9:11, 31
Boyle, Robert 4:14, 14, 17, 18, 46*, 47
Boyle, Willard 9:27
Boylston, Zabdiel 4:30
Bradley, Albert 10:26
Bradley, James 4:30, 35, 39
Bradwardine, Thomas 3:20
Brahe, Tycho 3:37, 37, 42, 46–7*, 49; 4:48
Brahmagupta 2:34, 47*
Braille, Louis 5:35
brain 4:7, 6:22, 39, 8:10, 15
Bramah, Joseph 5:6, 14, 46*
Branca, Giovanni 4:6
Brand, Hennig 4:15
Brandenburger, Jacques 7:27
Brandt, Georg 4:34
Branly, Édouard 7:12, 13, 49
Branson, Richard 10:15, 21, 46*
Brattain, Walter 8:42, 9:36, 46–7*, 51
Braun, Ferdinand 7:18, 22, 34, 8:13; 9:36
Braun, Wernher von 8:17, 35, 36–7
Bravais, Auguste 6:14
Bredt, Julius 7:14
breeding, selective 4:38, 38
Breguet, Jacques 8:28
Binet, Alfred 7:26
Binnig, Gerd 10:8, 14, 46*, 50
binomial theorem 4:15
biogenesis 5:42
biog in 10:27
biology 5:18
biomes 8:30
Bion, Nicolas 4:30
Biot, Jean Baptiste 5:18, 27
biotin 8:35
bipolar disorder 9:31
birds 5:34, 35, 46
Galapagos finches 5:44
Birdseye, Clarence 8:19
biremes 1:36, 51; 2:6
Biringuccio, Vannoccio 3:36
Biró, Laszlo 8:30
Bi Sheng 3:6, 6, 28
Bishop, J. Michael 9:38
Bismarck (steamship) 7:38
Bissell, Melville 6:35, 35
bitumen 1:34
Black, Davidson 8:14
Black, Harold 8:15
Black, James 9:19, 31, 46*
Black, Joseph 4:39, 5:8, 18
Black, S. Duncan 7:42
black box flight recorder 9:14
Blackett, Patrick 8:8, 9
black holes 5:7; 7:42, 9:25, 25; 10:47–8, 50
Blackman, Frederick 7:15
Blagden, Charles 5:11
Blaiberg, Philip 9:46
Blalock, Alfred 8:38
Blanchard, Jean Pierre 5:10, 14
Blanquart Evrard, Louis Desiré 5:33
blast furnaces 2:35, 40; 3:20; 4:32, 32, 46; 6:18
bleaching powder 5:15
Blenkinsop, John 5:23
Blériot, Louis 7:30, 30
Blickensderfer, George 7:11
Bloch, Felix 8:39, 39
Blodgett, Katherine 8:30
blood
circulation 3:16; 4:6, 6, 47
factors 8:14, 31, 48
groups 7:19; 8:48
blood cells 4:10, 49; 7:22, 8:11
blood letting 2:49; 3:7
blood transfusion 4:14
blood vessels
capillaries 4:10, 11, 47, 49
suturing 7:22
Blout, Elkan 9:19
blowpipes 2:15; 5:18
Blumlein, Alan 8:23
boat building 1:19, 48
boats 1:19, 40
canal 7:23, 5:20
dugout 1:11, 13, 36
early 1:36, 7
iron hulled 5:11
outboard motor 7:30
paddleboats 1:48; 4:22
steam turbine 7:18
see also barges, paddleboats, ships, steamboats
Bobbs, John 6:27
Bode, Johann 4:43
Bodmer, Johann 5:23
Boerhaave, Hermann 4:30
Boethius (Anicius Manlius Severinus) 2:29
Bogardus, James 6:10
Bohr, Aage 7:46
Bohr, Niels 7:35, 46*, 50, 8:27, 40, 49, 51
Boisbaudran, Paul Lecoq de 6:32, 39, 7:6
Bois Reymond, Emil
Beaumont, Frederick 5:41
Beaumont, William 5:39
Becher, Johann 4:15, 22, 51
Becklin, Eric 9:25
Beckwith, Jonathan 9:11, 25
Becquerel, Alexandre 5:42
Becquerel, Henri 7:14, 19
Beddoes, Thomas 5:15
Bednorz, Georg 10:13, 22, 46*, 49
Beebe, William 8:19
beer, brewing 1:11, 40, 51
bees 1:50; 7:43, 43
behavioral conditioning 7:43
Behring, Emil von 7:10, 35
Beijerinck, Martinus 6:41; 7:18
Békésy, Georg von 9:18, 46*
Bel, Joseph le 6:35
Belidor, Bernard Forest de 4:31
Belisarius 2:34
Bell, Alexander Graham 6:34, 34, 46*, 48; 7:27
Bell, Charles 5:23, 6:7
Bell, Henry 6:9, 9
Bell, John 9:19
Bell, Patrick 5:16
Bell Burnell, Jocelyn 9:24, 25, 46*
Bellingham, James 10:26
bellows 1:35; 3:17, 17
bells, bronze 1:41, 41, 48, 2:3135
belt drives 3:26
Bendix, Vincent 7:34
Benesch, Alfred 7:38
Bénézet, Saint 3:15
Bennett, Jean 10:19
Bennett, John 6:10
Bennett, William 10:19
Benz, Karl 6:44, 45, 46*; 7:6, 20, 20–1, 20
benzene 5:31, 36; 6:26; 7:47; 8:18, 19; 10:20
Berg, Paul 9:31
Berger, Hans 8:10
Bergius, Friedrich 7:35
beriberi 7:15, 34
Berkeley, Miles 6:10
berkelium 8:43; 9:51
Berliner, Emile 7:7
Bernard, Claude 6:10, 15, 18
Berners-Lee, Tim 10:11, 21, 44
Bernoulli, Daniel 4:35
Berry, Albert 7:34
Berry, Henry 4:38, 5:20
Berson, Solomon 9:6
Bersten, Bruce 10:39
Bert, Paul 6:38, 38
Berthollet, Claude Louis 5:11
Bertillon, Alphonse 6:42
beryllium 5:15; 8:31
Berzelius, Jöns 5:22, 27, 31, 35, 43, 46*; 6:33
Bessel, Friedrich 5:31, 43
Bessemer, Henry 5:25; 6:18
Best, Charles 8:46
beta blockers 9:19, 19, 46
beta particles 7:14, 15, 19
beta radiation 8:9
beta rays 7:38
Bethe, Hans 8:30, 42, 48
Bevan, Edward 7:11; 8:24
Bevis, John 4:30
Bhattacharyya, J. 10:12
bicycles 5:43, 6:23, 39, 9:14
hobby horse 5:27, 27
penny-farthing 6:31, 31
Biela, Wilhelm von 5:35
big bang theory 8:14, 42, 48, 48–9; 9:19; 10:6, 47
bile acids 7:34
bilirubin 8:38
Billroth, Theodore 6:31
binary arithmetic 4:19, 49

10:14, 21, 46–7*
Cremona, Luigi 6:31
Crescas, Hasdai ben Abraham 3:21
Creutzfeldt-Jakob disease (CJD) 10:*7*, 30, 50
Crick, Francis 9:6, 10–11, *10*, 24, 10:40, 51
criminals, identification of 6:42
Cristofori, Bartolomeo 4:30
Cro-Magnon people 1:12; 6:27
Crompton, Samuel 5:6, 12
Cronstedt, Axel 4:38
Crookes, William 6:22, *22*, 47*; 7:16
Cros, Charles 6:38
Cross, Charles 7:11, 8:24
crossbows 2:*31*, 3:17
cross-staff 3:20, 4:36, *36*
crown ethers 9:19
crude oil 7:19
cryptography 3:20, 30
crystal dislocations 8:23
crystal lattice structure 6:14, 7:42, 9:13, 49
Crystal Palace
  London 6:14, 16, 17, *17*
  New York 6:*16*
crystals 4:43; 5:7; 9:7
Ctesibius of Alexandria 2:15, 47*
Cubitt, William 3:9
Cugnot, Nicolas-Joseph 4:42, *42*; 7:20
Cuicuilco 2:12
cuneiform writing 1:24, 26, 46, 51, 2:32
curare 4:34, 6:18, 8:39
Curie, Marie 7:18, *18*, 8:50
Curie, Pierre 6:39; 7:18, *18*
curium 8:39, 9:51
Curl, Robert 10:12
Curtis, Charles 7:15
Cuvier, Georges 5:19, 28, 31
cyanoacrylate 9:8
cyanocobalamin 8:43, 9:12, 30, 48, 51
cybernetics 8:42
cyclamates 8:27, 9:*25*
cyclohexane 8:19
cyclonite 7:19
cyclosporin 10:7
cyclosporin A 9:31
cyclotron 8:22; 9:16, *16*, 51
cylinder-boring machine 4:42
cystic fibrosis 10:24
cytochrome 8:11

D

Dacron 8:24, *25*, 34
dagger blades, iron 1:35, 38
Daguerre, Louis 5:32, *32*, 43; 6:36
daguerreotypes 6:6, 36
Daimler, Gottlieb 6:44, 46; 7:6, 7, 20, *20*
Dale, Henry 7:30, 34, 38, 8:6
Dalen, Nils 8:7
Dalton, John 5:14, 18, 19, *19*, 46, 47*, 6:48
Dam, Henrik 8:23
dams 10:9
  Assyrian 1:46
  Aswan 7:23, 9:26, *27*
  Boulder 8:26, *26*
  Garawi River 1:26, 48
  Kariba 9:14
  Nurek 10:8
  Orontes River Valley 1:40
Daniell, John 5:42, 7:8
Darby, Abraham 4:26, 32, 46*; 5:24
Darby, Abraham II 4:32–3, 46
Darby, Abraham III 4:*32*,
  supercomputers 9:21, 41; 10:14, *14*, 46
  transistor 9:14
  UNIVAC 8:45, *45*; 9:8, 47, 49; 10:46
  word processing programs 10:10
  see also personal computers
computer viruses 10:34, 35, 42
concrete 2:15, 22; 6:11, 7:11
Condamine, Charles Marie de la 4:34
condenser, electrical 4:35, *35*, 40
conditioned reflex 7:23, *23*, 49, 50
conductors, electrical 4:30
Congreve, William 5:19, 8:16
conic sections 2:14, 46, 48, 4:51
conservation of energy 6:6, 11, 48, 49, 51
construction principles 4:31
Conté, Nicolas 5:14
contraceptives 9:9
conveyor belt 5:22
Cook, James 4:42, 5:6, 7
Cooke, William 5:42, 50; 6:25
Coolidge, William 7:30, 35
Cooper, Gordon 9:*21*
Cooper, Leon 9:13, 46
Cooper, Peter 5:24, *24*, 35
Coover, Harry 9:8
Copernicus, Nicolaus 2:46, 50; 3:26, 31, 36, 40–1, 42, 47, 50; 4:8
copper 1:19, 35, 38, 50; 2:40; 7:*16*
copper arsenide 4:51
copper ore 1:26
Copus, Jonathan 10:27
coracles 1:36, *36*
corals 4:26
cordite 7:10, 47
Córdoba, Gonzalo de 3:31
Coriolis, Gustave 5:39
Cormack, Allan 9:21
Cornell, Eric 10:25, 30
Cornell, Ezra 5:50
Corning, James 7:6
corn (maize) 1:17, 18, 50; 3:31, 44; 9:49
Cornu, Paul 8:28
Correns, Karl 6:21
cortisone 8:42; 9:51
cosmic radiation 7:34, 8:10, 18, 19; 9:19; 10:24, 46, 50–1
cosmological constant 7:42
cosmology 10:18, 47
Coster, Salomon 3:*22*; 4:12, 48
cotton 1:18, 27, 5:10
Cotton, Frank 9:19
cotton gin 5:14, *14*, 51
Cottrell, Frederick 7:43
Cotzias, George 9:24
Coulomb, Charles 5:6, 11
Coulson, Charles 8:22
counting boards 1:48, 2:7, *32*, 32–3
Courtois, Bernard 5:23
Cousteau, Jacques 8:35
covalent chemical bond 7:38, *39*
Cowan, Clyde 9:12
Cowper, Edward 4:33, 6:18
Cowper, William 4:23
Crabtree, William 4:6
Crafts, James 6:38
Craig, Lyman 9:18
Crampton, Thomas 6:7
cranks 2:28, 40
Cray, Seymour 9:21, 41;
coffee 2:40, 3:21, 8:27
coffee machines 8:30
Coggia, Jérôme 6:35
Cohen, Stanley 9:11, 31
coherer 7:12, 49
Cohnheim, Julius 6:27
coins 1:41, 48, 3:37
Colbert, Edwin 9:30
Cole, Humphrey 3:37
Colechurch, Peter de 3:12
Collier, Elisha 5:41
Collinge, John 10:30
Collins, Eileen 10:35, *35*
Collins, Michael 9:27, 42
Collins, S.A. 10:6
Collip, James 8:46
collodion 5:33
colloids 6:23
color blindness 5:14, 47; 6:21
Colosseum 2:20, *20*, *21*
Colt, Samuel 5:39, *40*, 41, 47*, 51, 6:16–17
Columbus, Christopher 3:18, 26, 27, 30, 31, 34, 38, *38*, *39*, 45, 47*
column chromatography 9:6
combine harvesters/threshers 5:*16–17*, 17, 38
combustion, phlogiston theory 4:15, 22, 48–9, 50, 51
combustion engine, external 5:26
comets 1:34, 47; 2:34, 3:47; 4:35, 42, 47; 9:13, 50, 10:14, 25, *25*, 28, 30, *30*, 38
  collision with Earth 7:31, *31*
  discovery of 5:10, 26, 35, 49; 6:7, 18, 22, 23, 35, 43, 7:26, 8:14; 9:24, 30, 10:24, 30
  Halley's 2:14; 3:7, 27, 4:19, 39, 47; 10:13, 14, 15
  Lexell's 4:42
comets (cont.)
  nucleus 8:43, *43*
  orbits 5:7, 50
  photographs of 6:18, 42
  red 2:20
  short period 4:42
  space probes 10:14, 26, 35, *39*
  sungrazers 7:7
compact discs 9:41, 10:9, *20*
compass 2:28, 30, *45*, 3:*7*, 4:36
  magnetic 3:6, 12, 18–19, 50
complex numbers 4:35
compression ignition engine 6:44–5
Compton, Arthur 7:50; 8:7, 10, 47*, 49; 10:46
computer mouse 9:27
computers 8:44–5, 50; 9:8
  analog 8:19
  bubble memory 9:27
  Colossus 8:35, *35*
  digital 8:30, 34
  EDVAC 9:47, 49
  ENIAC 8:39, 44, 45, 9:47, 49, 10:10
  floppy disks 9:8, 32
  hard disk drives 10:*11*
  MADAM 8:50
  magnetic core memory 9:9
  memory devices 8:39, 43
  mini computers 9:20, 26
  operating systems 9:41; 10:8, 9, 10–11, 14, 21, 47
  optical programmable 10:*27*
  programming languages/compilers 9:9, 14, 21, 32; 10:10, 11, 14, 15, 27
  software 10:9, 10
  stored-program 8:43, 44, 45
Chu, Ching-Wu 10:13, *22*
Chuquet, Nicolas 3:30
Church, Alonzo 8:26
Church, William 5:30
churches 3:20; 10:21
Chu Yu 3:7, 18
Cibelli, Jose 10:33
Cierva, Juan de la 8:10, *10*
cimetidine 9:31, 46
circumnavigation of the world
  by air 10:15, *15*, 35, 43, 46
  by sea 3:*30–1*, 31, 38, 42, 48, 49; 7:18; 10:42
citric acid 4:51; 8:27
Clairaut, Alexis 4:35
clarinet 4:19
Clark, Alvan 7:38
Clark, Josiah 7:9
clasp locker 7:14
Claude, Albert 8:34
Claude, Georges 7:23, 31
Claudius Caecus, Appius 2:7, *22*
Clausius, Rudolf 6:14, 26
clay, fired 1:11, *11*, *18*
Clay, Henry 4:43
clay tablets 1:24–5, *25*
clay water pipes 1:27
Clegg, Samuel 5:26
clepsydra 3:*22*
Clerk, Dugald 6:38, *44*
Cleve, Per 6:39, 7:15
Clinton, DeWitt 5:*20*
clipper ships 6:10
clocks 3:22–3, 4:27, 30, 7:39
  anchor escapement 4:14, 48
  astronomical 2:41, 3:20, *22*
  caesium atomic 9:9
  chronometers 4:11, 34, *36*, 37
  deadbeat escapement 4:27
  free-anchor escapement 4:42
  grandfather (longcase) 4:12
  jewel bearings 4:23
  mechanical 3:22, 51
  pendulum 4:7, 11, 12–13, 14, 48
  pocket 3:31
  quartz 8:14
  self winding 3:42
  shadow 1:26, *26*, 48, 3:*17*, *22*
  spring driven 3:22–3, 31, 36, 4:18
  striking 3:20, *22*, 51
  weight-driven 3:20
  see also water clocks
cloning
  animals 10:12, 30, 31, 32–3, 38, 39
  human embryos 10:33, 38, 39
cloth, woven 1:*11*
cloud chamber 7:34, 8:8, *8*
club soda 4:34, 50; 5:46
Coade, Eleanor 4:43
coal 2:7, 28; 3:6, 17
Coalbrookdale 4:*32*, 33, *33*, 46
coal mines 3:6
coal tar 7:39
cobalt 4:34
Cobham, Alan 8:14, 23
Coca-Cola 7:6
cocaine 6:43; 7:48
cochlea 9:18, *18*, 46
Cockcroft, John 8:8, 22, 40, *40*
Cockerell, Christopher 9:9, 47*
codeine 5:38
Cody, Samuel 7:28, *28*
Coehoorn, Menno von 4:14
coelacanths 8:30, *30*, 10:13
coenzymes 7:*23*; 8:42
chains, iron 2:28
Chamberlain, Owen 9:12, 51
champagne 4:14, *15*
Champion, William 4:34
Chance, Britton 8:35
Chandra Gupta II 2:19
Chandragupta Maurya 2:18, 19
Chandrasekhar, Subrahmanyan 8:19
Chang Ch'ien 2:14
Chang Heng 2:30
Chang Ssu-Hsun 2:41
Chanute, Octave 7:15, 28, 49, 51
Chappe brothers 5:11
charcoal 1:38, 48, 49; 5:31
Chardonnet, Hilaire de 8:24
Chargaff, Erwin 9:11
charge-coupled devices (CCDs) 9:27, 40
chariots 1:20, *20*
Charles, Jacques 5:7, 11, 50; 7:24
Charnay, Claude-Joseph Désiré 1:21, *21*
Chaucer, Geoffrey 3:21
Chauliac, Guy de 3:21
Chedid, Louis 10:7
chemical bonding 8:15; 9:7
chemical chain reactions 7:42; 8:15
chemical elements 4:14, 50; 6:32–3, 9:18, 50–1, 51
  new 9:16–17
chemical potential 6:35
chemical reactions 10:47
chemicals
  law of definite proportions 5:14
  naming system 4:49
  organic 5:22
chemical valence 8:14
chemistry 2:29, 41
  laboratories 4:11
  textbooks/dictionary 4:30, 42, 49
Chen Zhuo 2:28
Cherenkov, Pavel 8:23
Chernobyl, radioactive fallout 10:13, *13*
Chéseaux, Philippe de 4:35
Chesebrough, Robert 6:31
Chevenard, Pierre 7:38
Chevreul, Michel 5:31
Chiao Wei-Yo 2:41
Chichén Itzá 2:*25*
chilies, domesticated 1:10
China, science 2:30–1
Chinese civilizations 1:47–8*
chiropractic 7:14
chloracne 9:38
chloral hydrate 6:30
chloramphenicol 8:42
chlorine 4:42, 51, 5:36, 8:46
chlorofluorocarbons (CFCs) 8:18; 9:30, 39, *39*; 10:12, 18, 21, 36
chloroform (trichloromethane) 5:38, 6:11, 7:36
chlorophyll 5:27, *27*, 43, 7:26, 9:18, 47, 51
Choh Hao Li 8:38; 9:13, 30
cholecalciferol 8:19
cholecystotomy 6:*27*
cholera 6:15, *15*, 42, 49, 7:11, *11*
cholesterol 8:22, 9:48, 51
Chrétien, Henri 8:11
Christy, James 9:39
chromium 5:14
chromosomes 6:*20*, 21, 7:7, 14, 26, 34, 42
  artificial 10:30
chronometer 4:11, 34, 36, *36*, 37
Chrysler Building 8:19, *19*
  Model T 7:30
  rocket-powered 9:32
  steam powered 6:34, 7:6, 20
  Volkswagen 8:30, *30*
  Wankel-engined 9:21
  windshield wipers 7:34
Carson, Rachel 9:19
Cartesian coordinates 4:6, 46
Cartier, Jacques 3:36
Cartwright, Edmund 5:10, 13
cash register 6:39; 7:23
Casimir, Hendrik 8:23
cassava (manioc) 1:40, 50
Cassegrain, Laurent 4:24, *25*
Cassinelli, Joseph 10:7
Cassini, César 4:46
Cassini, Giovanni 4:15, 18, 19, 26, 28, 46*; 6:37
Cassini, Jacques 4:26, 46
Castellanos, Juan de 3:44
castles 3:14–15, 17
Castro, Giovanni da 3:26
Çatal Hüyük 1:*11*
catalysts 5:43, 46
catalytic converters 9:33, *33*; 10:21
catapults 2:15, 26–7, *26*, *47*
  gravity-powered 3:7
  onagers 2:21, *26–7*, *27*
cataract operation 4:35
catastrophe theory 9:30
cathedrals
  Chartres 3:12, *13*
  Florence 3:21, *21*
  Notre Dame, Paris 3:16
cathode rays 6:35, 47; 7:14, 16–17
cathode-ray tubes 7:6, 18, *18*, 34; 8:13, *13*, 39
cats, domestication 1:18, 23, 34
CAT scanner 9:21
cat's eyes (road markers) 8:23
cattle
  abortion in 6:40; 7:18
  domestication 1:11, 22, 23
cattle fever 7:10
Cavendish, Henry 4:42, 49; 5:10, *10*, 15, 46–7*, 49
Caventou, Joseph 5:27, 30
Caxton, William 3:27, 28, 31, 47*
Cayley, George 5:19, *19*, 22, 47*; 6:15; 7:28
CD-I interactive computer disk 10:26
CD-ROM 10:9, 14, 20
Cellarius, Andreas 3:*41*
cellophane 7:27
cell reactions 8:34
cells 4:14, 48, 5:43, 6:18, *22*
  observation of 9:14
cellular telephones 9:41, 10:8, 9
celluloid 6:18, 30
cellulose 5:43; 10:30
Celsius, Anders 4:35
Celsus, Aulus Cornelius 2:20, 47*
Celts 1:47*
cement 4:38, 51; 5:31
centaur objects 9:39
central heating, hot air 5:30
centrifuge 6:38
centrosomes 6:35
ceramic images 1:11, *11*
cereals, origin of 1:16–17
cerium 5:46; 7:46
Cerletti, Ugo 8:27
Cesalpino, Andrea 3:42
cesium 6:22, 47
Ceva, Giovanni 4:26
Chadwick, James 7:38, 50; 8:8–9, 22, 40
Chagas, Carlos 6:40–1, 7:31
Chain, Ernst 8:21, 31, 48

6:38
Fahrenheit, Gabriel 4:26, 27
Fairlie, Robert 6:23
Fajans, Kasimir 7:35
Fallopio, Gabriello 3:37
False Geber 3:17, 48*
Faraday, Michael 5:31, 36–7, 38, 39, 48; 6:10, 22
Farfler, Stephen 4:10
farming, arable 1:18
farm machinery 5:16–17
Farnsworth, Philo 8:13, 14
Farrington, De Witt 7:44
faucet 5:46
Fauchard, Pierre 4:31
Favaloro, René 9:24
fax 7:46
Fay, Charles du 4:31
Faye, Hervé-Auguste 6:7
Fehling, Hermann von 6:6
Fender, Leo 8:43
Fermat, Pierre de 4:6, 28, 10:18, 24
fermentation 6:19, *19*, 50
Fermi, Enrico 8:9, 34, *34*, 40, 47, 47*; 9:51
fermium 8:47; 9:6, 51
Fernando Póo 3:27
Fernel, Jean 3:36
Ferranti 8:45
ferric chloride 6:19
ferrocene 9:6
ferromagnetism 7:27, *27*; 8:*7*
Fertile Crescent 1:16, 18, *28–9*, 50
fertilization of crops 1:41
fertilizers 7:30
Fessenden, Reginald 7:12–13, 13, 26, 34, 8:7, 47*
Feynman, Richard 8:43, 9:15
fiber-optic cables 9:26; 10:15, 27
fibers, artificial 8:24–5
Fibonacci, Leonardo 3:10, 12, *12–13*, 13, 48*
Field, Cyrus W. 6:4*7*
Fieser, Louis 8:34
Filippo da Modena 3:*26*
Filisko, Frank 10:18
film, flexible 9:30
film recording 8:*7*
film transparencies 8:26
fingerprints 7:11
Finsen, Niels 7:18
Finsterwalder, Ulrich 9:21
Fioravante da Bologna 3:26
fire arrows 3:7, *7*, 24
fire engine 5:46
fire extinguishers 7:31
fire making 1:10; 14–15
fireworks 3:7, 24
Fischer, Emil 7:7, 14, 18, 22, 27
Fischer, Ernst 9:6
Fischer, Franz 8:11
Fischer, Hans 8:18, 38
fishing 1:11, 13; 3:21
Fitch, John 6:8, *8*
Fittig, Rudolf 6:30
Fitz, Reginald 7:6
Fitzgerald, George 7:10
Fitzmaurice, James 8:15
Fitzroy, Robert 5:44
Fizeau, Armand 4:28, *28*, 6:10
Flack, Martin 7:27
flame tests 4:39
flamethrowers 2:6, *27*, 47
Flaminius, Gaius 2:15
Flammarion, Camille 6:*36*
Flamsteed, John 4:26, 47
flash photolysis 8:43
flax 1:18
Fleming, Alexander 8:7, 15, 20, *20*, 21, 47 8*
Fleming, John 6:48; 7:*10*, 11, 13, 23, 46, 47*
Flerov, Georgii 8:34
engineering tables 4:31
Enigma 8:50
enkephalins 9:38
entomology 4:31
entropy 6:26
enzymes 5:38, 6:31, 38, 7:14, 15, 23, 35, 8:35
restriction enzymes 9:11, 25
Eötvös, Roland von 7:11
ephemerides 2:30; 4:37
Epicurus 4:11
epilepsy 6:23
epinephrine (adrenaline) 7:14, 22
Epsom salts 4:23
equations 3:7, 10, 46
equinoxes 2:39, 46
precession of 2:15, 29, 41, 49
Eratosthenes of Cyrene 2:14, *15*, 48*
Erb, Wilhelm 6:34
erbium 5:14, 6:*7*
Ericsson, John 5:39, *39*; 6:50
Eriksson, Leif 2:44; 3:6
erythrocytes 4:10
Esaki, Leo 9:13
escapement 2:49
anchor 3:22–3, *23*
clock 3:*22*
foliot 3:*22*
verge and foliot 3:*23*
escape velocity 8:10
Eschenmoser, Albert 9:30, 51
Escherichia coli 10:30
esophagectomy 6:31
estrogen 8:18
ethanoic acid (acetic acid) 6:11
ethanol (ethyl alcohol) 5:23
ether (anesthetic) 6:7, *7*; 7:36
ether (upper air) 7:7
ethology 8:26, 49
ethyne (acetylene) 10:39
Eucleides 2:50
Euclid 2:*7*, 16, 29, 40, 48*, 50; 3:7, 10, 26, 30, 5:34
Eudoxus of Cnidus 2:48*
eugenics 6:30
Euler, Leonhard 4:30, 38, *38*, 42, 5:6
Euler, Ulf von 8:39
Eupalinus of Megara 2:6, 48*
Euripides 2:46
Eustachio, Bartolomeo 2:46, 3:37
Eutocius of Ascalon 2:34
Evans, Herbert 7:42; 8:7
Evans, Oliver 5:19, 22, 7:20
Evinrude, Ole 7:30
evolution 5:22, *22*, 42, 44, 45, 49, 6:19
Ewing, Alfred 6:39
Ewing, William 8:26
Ewins, Arthur 7:38
exclusion principle 8:11
explosives 7:19, 30
expressways 8:*7*, 11
extinction, catastrophic theory of 5:31
Exxon Valdez (oil tanker) 10:20
eyeglasses 3:16, *16*, 26, 46
bifocal 4:40, *40*; 5:10
eyes 2:40, *40*, 48
blind spot on retina 4:14
cancer 10:13
cataract operation 4:35
rods and cones 6:27

F
Fabre, Henri 7:31
Fabricius, David 3:43, 48*
Fabricius, Johann 5:6
Fabricius, Johannes 3:48
Fabry, Charles 7:35
Fahlberg, Constantine
Edwards, Robert 9:25
Egyptians 1:48–9*
Ehrlich, Paul 7:27, 31, 34, 37, *37*; 8:20, 47
Eiffel, Gustave 7:10
Eijkman, Christiaan 7:15
Einstein, Albert 7:10, 26, *26*, 38, 42, 47*, 50, 8:18, 30, 47; 9:28
einsteinium 9:6, 51
Einthoven, Willem 7:23
Eisenhower, Mamie 9:15
Eisler, Paul 8:35
elasticity 4:18, 48
electrical resistance 7:34
electric arc furnace 7:11, 49
electric bell 5:38
electric field emission 7:18
electricity 4:10
effects of stimulation by 4:43
generating plants 6:42, 48, 9:8
inverse square law 4:42
positive/negative static 4:31, 40
sources 7:8–9
electric motor 5:36, 48
electrocardiograph 7:23, 10:19
electrochemistry 5:36; 6:43
electroconvulsive therapy 8:27
electrodynamics 5:30, 46
electroencephalography 8:10
electrolysis 5:18, 22, *22*, 36, 39, 48
electrolytes 8:10
electromagnetic induction 6:10
electromagnetic mass concept 6:43
electromagnetic radiation 7:12, 47
electromagnetic relay 5:39, 48
electromagnetic waves 8:35
electromagnetism 5:30, *30*, 36, *37*, 46; 6:51
electromagnets 5:31, 48, 50; 6:25
electrometer 4:35
electrons 6:35, 47; 7:11, 14, 16–17, 18, *18*, 19, 35, 38, 8:6, 14, 49; 9:13
electron theory 7:27
electrophoresis 8:19; 10:48
electroweak theory 9:25
elements 5:19, 27, 46, 47, 6:32 3; 7:6, 18, 10:31
periodic table 6:30
spectra 6:47; 7:35
weights of 5:26
elephants, domestication 1:27
elevator, safety 6:15, *15*, 50
Elion, Gertrude 9:6, 31, 47*, 48
Ellet, Charles 6:6, 7
Ellsworth, Lincoln 8:14
Elrod, Alvon 10:21
Elsasser, Walter 8:31
Elster, Julius 7:14
Elton, Charles 8:14
Elvehjem, Conrad 8:27
Ely, Eugene 7:31, 34
e-mail 10:44
embalming 1:27
embryology 2:46, 5:34
Encke, Johann 5:11, 43; 7:50
Enders, John 8:43; 9:13
endorphins 9:38
endothelium derived relaxing factor (EDRF) 10:13, 48
energy production, in body 6:43
Engelbart, Douglas 9:27
Engelberger, Joseph 9:27
Drake, Frank 9:18
Draper, Henry 6:31, 42
Draper, John 6:6, 7, 36; 9:44
dreams 7:19, 48
Drebbel, Cornelis 6:28
dredger, mechanical 3:37
Dreyer, Johan 7:*7*
Driesch, Hans 10:32
drills 1:35; 7:42
Drinker, Philip 8:15
Drude, Paul 7:19
drugs 1:47; 2:20, 21
immunosuppressive 9:31; 10:7
synthetic 7:27, 31, 36–7
Drummond, Thomas 5:31
Dubois, Eugène 7:10
Dubos, René 8:30, 39
Duchenne, Guillaume 6:19; 10:13
Dudgeon, Richard 7:20
Dudley, Dud 3:43
Duillier, Nicolas Fatio de 4:23
Dulong, Pierre 5:27
Dumas, Jean 5:*27*, 38
Dunlop, John 7:*7*
duodenum 2:7, 49
Dupuytren, Guillaume 5:38
Duryea, Charles 7:21, *21*
Duryea, Frank 7:21
Dutrochet, René 5:34, 43
Dwyer, Joseph 10:39
dyes 1:41, 51; 6:18, 51, 7:7
dynamics 4:35
dynamite 6:27, 50
dynamo 5:38, 6:31
dysentery 6:40, 41, 7:18
dysprosium 7:6

E
Eads, James 6:34
Earhart, Amelia 8:15
ears, semicircular canals 5:34, *34*; 6:34
Earth 3:51; 6:15; 7:35
atmosphere 5:18, 7:*22–3*, *23*, 35
at center of Universe 2:7, 51
core 6:2*7*; 7:27, 8:27
density of 4:43; 5:15, 47
magnetism 3:18, 42, 49; 8:18, 31, *31*
magnetosphere 10:26, 34, 42
nutation 4:35
orbit 3:26
rotation 2:29, 3:26, 5:39, 10:25
shape of 2:10; 4:26, 34, *34*
size of 2:14, *15*, 38, 48, 50, 51, 4:15, 35
tilt of axis 2:48
earthquakes 4:39; 8:26, *26*
seismic waves 7:18
seismographs 7:26
earth science 3:6
Eastman, George 5:33
Ebers, Georg 1:35, 49
Eberth, Karl 6:39, 40
echolocation 8:31, *31*, 9:18
echo sounder 8:7
Eckener, Hugo 8:18
Eckert, John 8:39, 43, 45; 9:8, 47*, 49; 10:46
eclipses 3:*27*
lunar 3:50
solar 1:40, 47; 2:6, 24, 6:2*2*, 27, 30
ecology 6:31; 8:14
economics, application of mathematics to 4:26
Eddington, Arthur 7:38, 8:10
Edelman, Gerald 9:25
Edgeworth, Richard 4:39
Edison, Thomas 6:31, 38, *38*, 42, 46, 48*, 51; 7:7, 9, 19, 51; 8:47
Edward I 3:14, *15*, 17
difference engine 5:30, *30*
digestion 6:10; 7:10, 22, 49–50
gastric juices in 5:39, 42
Digges, Leonard 3:37
digitalis 5:10
digital video discs (DVDs) 10:34
dinosaurs 5:28, 31, 6:6, 10:13, 31, 38
extinction of 10:6, *18*, 19, 46
Diocletian 2:28
diodes, plastic 10:18
Diogo de Sevilla 3:26
Dionysius the Elder 2:6, 26, 47*
Diophantus 2:21, 39, 47*; 3:13
Dioscorides, Pedanius 2:21, 48*
diphtheria 4:35; 6:43, 7:10, 35; 10:*7*
Dirac, Paul 8:9, 14
discovery, voyages of 3:38–9
disease 2:7, 15, 21, 35, 39, 40, 46, 49–50, 51
germ theory 6:6, 40–1, 51
disinfectant 6:2*7*
dissections, human 3:13, 30
distaff 1:18, 47, 50; 5:12
distillation 1:19
distribution curve, normal 4:31
dividing engine 4:43
diving bell 3:36; 4:27, 47
diving suit 5:27
division, arithmetical 3:10
Djerassi, Carl 9:9
DNA (deoxyribonucleic acid) 6:30, 39, 43; 7:18, 8:18, 38, 48, 9:24, 49, 50; 10:7, *12*, 13, 18, 39, 50, 51
bases 9:39, 50
hybrid 9:31
mitochondrial 9:50
replication 9:*11*, 12, *12*
structure 9:6, 10–11
DNA polymerase 9:12, 24, 49
dodo 4:18, *18*
Dodoens, Rembert 3:45
dogs, domestication 1:10, 23, 50
Dolby, Ray 9:26
Doll, Richard 9:6
Dollfus, Audouin 9:24
Dollond, John 4:24, 39
Dolomieu, Déodat de 5:11, 15
dolomite 5:11
Domagk, Gerhard 8:22
domain names 10:44
Dome of the Rock 2:34
domes 3:21, *21*, 42
geodesic 9:9, *9*, 48, 10:12
domestication
of animals 1:*22–3*
of plants 1:17
Dom João II 3:38, 48
Donald, Ian 9:13
Donati, Giambattista 6:18
Donders, Frans 6:19
Dondi, Giovanni di 3:20
donkeys, domestication 1:26
Donkin, Bryan 5:23
Doolittle, James 8:*7*
Doppler, Christian 6:7; 8:6
Dorand, Rene 8:28
Dorn, Friedrich Ernst 7:19
Dornberger, Walter 8:34, 36
Douglas, David 5:31
doves, domestication 1:51
Downs' syndrome 9:13
Drake, Edwin 6:19, *19*
Drake, Francis 3:37, 38, 42, 45, 48*
33, 46
Darius 2:6, 6
dark matter 8:22; 10:50, 51
Darrow, Charles 8:26
Dart, Raymond 8:11
Darwin, Charles 5:*22*, 42, 44–5, 49; 6:19
Darwin, Erasmus 5:44
Darwin, George 6:39
date palms 1:18, 46, 46–7
Daubrée, Gabriel 6:27
Davaine, Casimir Joseph 6:23
Davenport, Thomas 5:42
David, Armand 6:26, *26*
Davidson, Edward 7:31
Daviel, Jacques 4:35
Davis, John 4:36
Davis, Robert 8:18
Davisson, Clinton 8:14
Davy, Edward 5:43
Davy, Humphry 5:15, *22*, *22*, 26, 36, 48*, 50, 51; 7:36
Dawson, Charles 7:34
daylight saving time 4:*40*
DDT 6:34, 8:31; 9:30, *30*
Debierne, André 7:18
Debye, Peter 7:38; 8:10
decimal point 3:11
Decker, Alonzo 7:42
decompression chambers 8:18
decompression sickness 6:38
Dedekind, Richard 6:31
Deere, John 5:16, 42; 6:10
defibrillator 8:22
De Forest, Lee 7:13, 26, 46*, 47; 8:7
Delbrück, Max 8:39, 9:11
Dellinger, John 8:26
Deluc, Jean 4:16, 42
Dempster, Arthur 8:26
dengue fever 5:7
Denis, Jean 4:14
Denner, Johann 4:19
Denning, William 8:7
Dennison, Aaron 5:47
dental drill 4:31
deoxyribonucleic acid, *see* DNA
deoxyribose 8:18
Desaga, Peter 6:14
Descartes, René 4:6, 16, 46*
Desormes, Charles 5:18, 27
Despeissis, Louis 7:11
Despiau, Raymond 10:7
detergents 7:27
determinants 4:19
detonating powder 5:19
detonators, mercury fulminate 6:23, 50
deuterium 8:22, 26, 51
Devol, Georg 9:20
DeVries, William 10:7
Dewar, James 7:10, 11, 14, 47*
Dewey, Melvil 6:35
dhows 1:36, *37*, 46; 3:38
diabetes 2:35; 4:14, 8:7, 46; 10:6
dialysis 9:19
diamonds 9:12, 39; 10:24
Diamond Sutra 2:30, 41, *43*
diastase 5:38
Diaz, Bartholomew 3:30, 38, 48*
Diaz, João 3:26
diazepine 10:13
diazo compounds 6:22
dichloroethylene (dichloroethene) 6:6
Dick, George and Gladys 8:10
Dicke, Robert 8:39
Dickson, James 8:24, 34
dictating machine 6:48
didymium 7:46
Diels, Otto 7:27, 8:15
Diesel, Rudolf 6:45, 47 8*, 7:14
Dietz, Charles 7:20

Fletcher, Walter 7:27
Flettner, Anton 8:30
flights
– across English Channel 7:30, 30; 9:41, 41; 10:8, 9
– across Pacific Ocean 10:21
– across U. S. 7:34, 8:7
flights (cont.)
– around the world 8:1?, 14, 18
– over the North Pole 8:14
– supersonic 8:42, 42
– transatlantic 7:43; 8:15, 15; 9:41; 10:15
flint 1:10, 10, 12, 13, 19, 19
flintlock 3:24–5
Florey, Howard 8:20, 21, 31, 48
flour, sifting machine 2:34
Flourens, Pierre 5:34, 6:11
flour mills 2:28, 36, 36
flowers
– male/female 3:42, 4:18
– pollination 4:39, 39
Flowers, Thomas 8:35
Floyer, John 4:26
fluorine 7:49
flying boats 7:43
flying bombs (V1) 8:17, 31, 35, 38
flying buttresses 3:7, 7, 13, 16
Flying Doctor Service 8:15; 10:30
flying machines 3:30; 3:31; 5:47
– ornithopter 3:30, 32, 33
flying shuttle 4:31, 31; 5:13
flywheels 1:20–1, 21, 3:26, 26
Focke, Heinrich 8:26, 28, 28
Fokker, Anthony 7:39
Fokkers, Karl 8:42, 43
Folkman, Judah 9:19
Fontana, Domenico 3:42
food 1:28–9
– canning 5:22, 23
– classification 5:30
– edible packaging 10:34
– freeze drying 7:26, 6:22
– preservation 1:28, 4:42, 6:39
– quick frozen 8:19
food digestion 4:48
food poisoning 10:30
food supply 5:15
foot and mouth disease 6:41, 7:18, 10:38
Forbes, George 6:39
force pump 2:47
Ford, Henry 5:51; 7:20, 21, 30, 47–8*
forge, Catalan 3:12
Forlanini, Carlo 8:28
formic acid 4:42, 51
Forrester, Jay 8:43
Forssmann, Werner 8:18
Forsyth, Alexander 5:19
Fortin, Jean 5:15
Fortin, Nicolas 4:16
Fossett, Steve 10:43
fossil fuels 10:27
fossils 2:6, 3:30, 48, 4:22, 5:14, 26, 26, 28–9; 7:39, 39; 10:19, 25
– hominoids 1:12–13; 6:27, 7:10, 34, 35, 8:11, 14, 22, 42, 9:18, 31, 31, 49, 10:7, 12, 18, 24, 48
– reptiles 5:23, 30, 31, 31, 49; 6:22, 9:30; 10:31, 38
Fothergill, John 4:35; 5:6
Foucault, Léon 4:25; 6:10, 14, 14, 18
Fountain, John 9:39
Fourdrinier brothers 5:22
Fourier, Jean 10:36
Fourier, Joseph 5:31, 34
Fourneyron, Benoit 5:34, 6:12
Fracastoro, Girolamo 3:30, 36, 48*, 5:28, 6:40
fractals 10:6, 6, 49
fractions, decimal 2:20; 3:42, 51
Francis, James 6:11, 12, 12, 13
francium 8:30, 50
Frankland, Edward 6:14; 8:46
Franklin, Benjamin 4:34, 38, 40–1, 50; 5:10
Franklin, Kenneth 9:12
Franklin, Rosalind 9:6, 10
Franklin Adams, John 7:35
Fraunhofer, Joseph von 5:18, 26
Fraze, Ermal 9:20
Fréchet, Maurice 7:27
free association 7:48
free energy 6:48
Freeman, Ralph 8:22
French, Paul 10:18
Freon 8:18
Fresnel, Augustin Jean 5:26, 26
Freud, Sigmund 7:6, 19, 48*; 8:10
Fricke, Hans 10:13
Friedel, Charles 6:38
Friedman, Herbert 9:13, 19
Friend, Richard 10:18
Fries, Elias 5:30
Friese Greene, William 7:10
Frisch, Karl von 7:43
Frisch, Otto 8:40
Frisius, Regnier Genna 3:36
Fritsch, Karl 8:7
frontier orbital theory 10:47
fructose 5:14, 7:7
fruit flies 10:38, 40, 41
fruits, cultivation 1:10, 11, 18, 19, 50
Fry, Arthur 9:33
fuel cells 9:15; 10:34
fuel injection systems 9:26
Fu Hsi 2:31
Fukui, Kenichi 10:47*
Fuller, Calvin 9:9
Fuller, Richard Buckminster 8:42, 9:9, 9, 48*; 10:12
Fulton, Robert 5:22, 22, 48*, 6:8, 8, 9, 9, 28, 29
fungi, classification 5:30
Funk, Casimir 7:34
Furchgott, Robert 10:13, 48
fusion reactor 10:24–5, 25
Fust, Johann 3:28, 48*, 49
fuzzy logic 9:26

G

Gabelich, Gary 9:32
Gabor, Dennis 8:42
Gaddi, Taddeo 3:20
Gadolin, Johan 5:14
gadolinium 5:14
Gaffky, Georg 6:43
Gagarin, Yuri 9:9, 20, 21
Gaggia, Achille 8:30
Gahn, Johan 4:43
Galaisiere, Guillaume Legentil de la 4:38
galaxies 2:41, 51; 3:31, 31, 43, 49, 50, 7:48, 8:6, 6, 35, 46; 10:12, 13, 31, 50, 51
– classification 7:49; 8:11, 11; 10:49
– see also Milky Way
galena 3:26
Galen of Pergamum 2:21, 39, 48–9*, 49; 3:12, 17, 36
Galilei, Galileo 2:50; 3:42, 43, 48, 49, 50, 51; 4:6, 7, 8–9, 12, 12, 16, 24, 25, 25, 46, 51; 6:36, 9:44, 10:24
Galilei, Vincenzio 4:7, 12
Gall, Franz 5:15
Galle, Johann 6:10, 49
galleons 3:35
galleys 2:15
gallium 6:32
Gallo, Robert 10:7, 47*, 49
gallstones 6:27
Galton, Francis 6:30; 7:11
Galvani, Luigi 4:42–3, 43; 7:8
galvanizing 4:34
galvanometer 5:42
Gama, Vasco da 3:30, 38, 39, 48–9*
game theory 8:15, 38
gamma radiation 9:30, 46, 49
gamma rays 7:19
Gamow, George 8:27, 42, 48*
Ganga River technology 2:18–19
Garand, John 8:23
Gardner, William 7:44
Garnerin, André 5:10, 14
Garrett, George 6:29
gas 1:41, 9:27, 3:43
Gascoigne, William 4:7
gas engines 6:38, 44
gases 4:50
– kinetic theory 4:35
– liquefaction of 6:30, 7:47
– specific heat 5:27
gas masks 7:38
gas meter 5:26
Gassendi, Pierre 4:6, 11, 47*
gastric juices 4:48
Gates, Bill 9:40; 10:8, 10, 47*
Gatling, Richard 6:22, 22; 7:44
Gauss, Karl 5:14, 18, 30, 35, 38, 6:25
Gautier, Hubert 4:27
Gay Lussac, Joseph 5:18, 23
gear-cutting machine 4:34
gears, sun and planet 4:45
Geber (Abu Musa Jabir Ibn Hayyan) 2:35, 38, 39
Ged, William 4:30
geese, domestication 1:34
Gehring, Walter 10:7
Geiger, Hans 7:31
Geissler, Heinrich 4:16, 17; 7:16
Geitel, Hans 7:14
gelatin emulsion 5:33
gel electrophoresis 9:24
Gellibrand, Henry 4:6
Gell-Mann, Murray 9:18, 19, 31, 48*
German space program 9:20
generators 5:43, 6:42, 48
– electrostatic 4:36
– wind powered 10:20
genes 7:31, 9:25; 10:19, 40
– artificial 9:38
– homeobox gene sequence 10:7
– "jumping" 9:6, 49
gene therapy 10:24
genetic codes 9:19; 10:31
genetic engineering 9:11, 30, 31; 10:6, 13, 18, 25, 25
genetic equilibrium 7:30
genetic (DNA) fingerprinting 10:7, 12, 13, 41, 48, 50
genetics 5:45; 6:20–1; 7:26
genomes 10:41
Gentry, Tom 10:20
geodesic construction 8:19
geometry 2:7, 29, 30, 40, 46, 48, 50; 3:7; 5:34
– coordinate (analytic) 3:20, 4:6, 46
– differential 5:35
– non-Euclidean 6:15
– projective 3:26
– spherical 2:21, 39
Georges Pompidou National Center for Art and Culture (Paris) 9:40
Gerard, John 3:44
Gerard of Cremona 3:12
Gerber, Heinrich 6:27
Gerbert of Aurillac (Pope Sylvester II) 2:41, 49*; 3:22
Gerd Boyen, Hans 10:39
Gergonne, Joseph 5:23
Gerhard, William 5:43
Gerhardt, Charles 6:15; 7:36
germanium 6:32; 7:6; 9:36, 47
germs 3:48
germ theory of disease 6:6, 40–1, 51
Gershom, Levi ben 3:17, 20; 4:36
Gesner, Conrad von 3:36
Ghiorso, Albert 9:12, 18, 51
Giacconi, Riccardo 9:19; 10:51
giant panda 8:26
Giauque, William 8:18
Gibbon, John, Jr. 9:7, 8
Gibbs, J. Willard 6:35, 42
Gibbs, William 8:31
Giffard, Henri 6:15, 7:24, 24
Gilbert, William 3:42, 49*
Gilchrist, Percy 6:39
Giles of Rome 3:16
Gill, David 6:42
Gillette, King 7:15, 15
Giocondo, Fra Giovanni 3:31
glacier tables 5:11
Gladman, Brett 10:30, 31
glanders 6:40
glass
– electrochromic 9:33
– float process 9:14
– heat resistant 7:30
– lead crystal 4:14
– nonreflective 8:30
– red 4:18
– silvering 4:25
glassblowing 2:20
glass fiber 4:27
glass making 1:27, 49
glassworks 4:7
Glauber, Johann 4:7
Glaucus of Chios 2:6
Glenn, John 8:36; 9:20, 21; 10:16
gliders 5:22, 47; 6:15, 38, 39; 7:11, 15, 28, 29, 49, 51
– model 5:19, 19, 47
Glisson, Francis 4:10
global warming 7:15, 10:18, 36–7
Glock, Gaston 10:15
glucose 5:23
gluons 9:19, 39
Glushko, Valentin 9:14
glutathione 8:6
glycerol 4:51
glycine 6:51
glycogen 7:11
gnomons 1:26, 26, 48, 2:46; 3:17, 22
goats, domestication 1:10, 22, 50
Goddard, Robert 8:14, 14, 17, 48*
Godel, Kurt 8:19
Godfrey, Thomas 4:36–7
Godowsky, Leopold, Jr. 8:26
Goeppert Mayer, Maria 8:43
Goethals, Colonel George 7:40
Gohring, O. H. 7:35
goiter 2:35; 5:27, 39; 6:42
gold 1:38; 10:39
Gold, Thomas 8:42, 9:25
gold amalgam 2:20, 51
Goldberger, Joseph 7:38
Golden Hind 3:38
Goldhaber, Maurice 8:31
Goldmark, Peter 8:43
Goldstein, Eugen 6:35, 7:6
Golgi, Camillo 6:34
Golitsyn, Boris 7:26
Gomberg, Moses 7:19
Goodfellow, Peter 10:19
Goodpasture, Ernest 8:19
Goodricke, John 5:10
Goodyear, Charles 5:43
Gorgas, Colonel William 7:40
Gosling, James 10:27
gout 4:18
governor, centrifugal 5:9, 9
Graaf, Regnier de 4:15
Graebe, Carl 6:27
Graf, Urs 3:31
Graham, Evarts 9:6
Graham, George 4:12, 27, 30
Graham, Thomas 5:35, 6:23
grain 1:51
Gram, Hans 6:40, 43
Gramme, Zénobe 6:31
gramophone record (disk) 7:7
grapes 1:26, 2:14
graphite 3:30
Graves, Robert 5:39
gravitational constant 7:11
gravity 3:42, 51; 4:20
– acceleration due to 4:8, 8; 5:10; 10:24
gravity (cont.)
– Bouguer anomaly 4:31
– gravitational constant 4:43; 5:46
– laws of 4:19, 20, 20, 43, 47
Gray, Asa 5:42
Gray, Elisha 6:46
Gray, Henry 6:19
Gray, Stephen 4:30, 34
Gray, Thomas Cecil 8:39
Great Exhibition 6:14, 16–17
Great Wall of China 2:14, 15
Greek fire 2:27, 34, 47
Green, Andy 10:35
greenhouse effect 10:36–7
greenhouse gases 10:18
Greenwich meridian 4:18, 37
Grégoire, Marc 9:9
Gregor, William 5:11
Gregory, Charles 6:6
Gregory, James 4:14, 24–5, 47*
Greiss, Johann 6:22
Grew, Nehemiah 4:18, 23
Griffin, Donald 8:31, 31
Grignard, François 7:22
grindstones 1:28
Grove, William 7:9
growth hormone, human 8:38; 9:30; 10:6
Guericke, Otto von 4:11, 16–17, 17, 46
Guerin, Camille 7:26
Guido d'Arezzo 3:6, 49*
Guillemin, Roger 9:38
Guillotin, Joseph 5:11
guinea pigs, domestication 1:23, 34, 50
guitars, electric 8:43
Guldberg, Cato 6:23
Gum, Colin 9:7
guncotton (nitrocellulose) 6:10, 50; 7:44, 47
gunnery manual 3:21
gunpowder 2:40, 3:6, 13, 17, 24–5, 46
– bombs 3:12, 24, 24
guns 3:24–5, 30, 7:44
Gunter, Edmund 3:43
Gurdon, John 10:32
Gurney, Goldsworthy 7:20
Gusmao, Bartholomeu de 4:26
Gutenberg, Beno 7:38
Gutenberg, Johannes 2:43; 3:26, 28, 47, 48, 49*
Guth, Alan 10:6, 47*
Guthrie, Samuel 5:38
Gutton, Henri 8:33
gynecology 2:21
gyrocompass 7:30, 34

H

Haber, Fritz 7:30, 42, 48*; 9:50
Hadley, George 4:34
Hadley, John 4:30, 36
Hadrian 2:21, 21
Haeckel, Ernst 6:31
Hagia Sophia 2:34, 34
Hahn, Otto 8:30, 40
Hahnemann, Samuel 5:14
Haldane, John B. S. 10:32
Hale, Alan 10:30, 30
Hale, George 7:30, 43
Hale, William 8:16
Hales, Stephen 4:30
Hall, Asaph 6:38
Hall, Charles 7:6
Hall, Chester 4:24, 31
Hall, Edwin 6:38; 10:48
Hall, G. Stanley 8:7
Hall, Marshall 5:38
Halladay, Daniel 3:9, 9
Halley, Edmond 4:19, 22, 22–3, 27, 39, 47*; 5:50
Hallidie, Andrew 6:27
Hamilton, William 6:7
Hammer, John 7:38
hammers, stone 1:12
Hammond, Laurens 8:23
Hammurabi 1:34, 34, 46
hand grenades 7:38
Hansen, Armauer 6:30
Hansen, James 10:18, 36
Hansom, Joseph 5:39
Hantzsch, Arthur 6:42, 42
Harden, Arthur 7:23
Harding, Karl 5:18
Hardy, Godfrey 7:30
Hare, Robert 5:18
Hargrave, Lawrence 7:11, 14
Hargreaves, James 4:39; 5:12
Harington, John 3:42
Harkness, Ruth 8:26
Harkness, William 8:26
harmonics 2:30
harnesses 1:19
harpoons, bone 1:11
harpsichord 4:30
Harrington, Robert 9:39
Harriot, Thomas 4:6
Harris, B. J. 9:30
Harrison, Ian 10:34
Harrison, James 6:22
Harrison, John 4:12, 27, 30, 31, 34, 36, 36, 37
Harrison, Ross 7:27
Hartmann, Johannes 7:23
Harvey, William 4:6, 6, 47*
Harwood, John 8:11
al Hassan al Rammah 3:17, 24
Hassel, Odd 8:19
Hasselblad, Victor 8:34
hassium 10:12
Hauy, René 5:7
Havers, Clopton 4:22
Hawking, Stephen 10:18, 18, 47–8*
Hawkins, John 3:37, 44, 45
Hawksbee, Francis 4:16, 17, 23, 26
Haworth, Norman 8:23
Hayes, William 9:11
hay fever 7:26
hearing aids 9:9
heart
– artificial 9:41, 10:7, 42
– artificial valves 9:9
– cardiac defibrillator 10:51

8:35
Kilby, Jack 9:15, *15*, 32, 36–7
Kildall, Gary 10:10
kinetic energy 6:18
King, Charles 8:22
King, Franklin 7:10
King, Thomas J. 10:32
Kingsley, Gershon 9:*21*
Kirch, Gottfried 4:19
Kircher, Athanasius 4:10, *10*, 11
Kirchhoff, Gottlieb 5:23
Kirchhoff, Gustav 6:22, *22*, 47, 7:50
kites 1:41, 48, 3:12, 7:14, *28*, 28
Kjeldahl, Johan 6:43
Klaproth, Martin 5:11, 14
Klaus, Karl 5:35
Klebs, Edwin 6:43
Klic, Karl 7:15
Klinkenberg, Dirk 4:35
Klitzing, Klaus von 10:6, 48*
knee-jerk reflex 6:34
knitting machine 3:42, 49
knives, flint 1:10, *10*
Koch, Robert 6:38, 40, 42, 49*; 7:11
Kocher, Emil 6:42
Köhl, Hermann 8:15
Köhler, Georges 9:38
Kohlrausch, Friedrich 6:31
Kohoutek, Lubos 9:30
Koichi Ichikawa 7:39
Kolbe, Hermann 6:11, 19; 7:36
Kolff, Willem 8:35
Kolhorster, Werner 8:18
Koller, Carl 6:43
Kölliker, Rudolf von 6:6, 11
Kolreuter, Josef 4:39, *39*
Komarov, Vladimir 9:36
Komodo dragon 7:34, *34*
Kompfner, Rudolf 8:39; 9:48*
Komppa, Gustav 7:23
König, Friedrich 3:29; 5:23
Königsberg Bridges problem 4:38, *38*
Kopff, August 7:26
Korn, Arthur 7:22
Kornberg, Arthur 9:12, 24, 49*
Korolev, Sergei 8:17
Kossel, Albrecht 6:39, 43; 7:15
Koster, Laurens 3:26, 28
Kosterlitz, Hans 9:38
Kotaro Honda 7:38
Kouwenhoven, William 8:22
Kowal, Charles 9:31, 39
Kozyrev, Nikolai 9:13
Krebs, Arthur 7:24
Krebs, Hans 8:27
Kreutz, Heinrich 7:7
Kroto, Harold 10:12
Krupp, Friedrich 6:47
krypton 7:18, 51, 10:39
Kuhn, Bernard 5:10, *11*
Kuhn, Richard 8:23, 30
Kuhne, Wilhelm 6:38
Kühnold, Rudolf 8:32
Kuiper, Gerard 8:42; 9:7
Kumara Gupta 2:19
Kunckel, Johann 4:18
Kundt, August 6:27
Kunkel, Louis 10:13
Kuo Shou Ching 3:16
Kurchatov, Igor 8:38, 40
Kurtz, Thomas 9:21; 10:11
Kusch, Polykarp 9:9
Kützing, Friedrich 5:43
Kwolek, Stephanie 9:26

L

Lacaille, Nicolas de 4:39
lactate 7:27
Laennec, Rene 5:27
Lagrange, Joseph 4:39, 5:11

Jeffreys, Alec 10:13, 41, 48*
Jenner, Edward 5:14, *14*
Jenney, William 7:6
Jensen, Nicolas 3:27
Jerez, Rodrigo de 3:45
Jerne, Niels 9:38
Jessop, William 5:25
jet engines 8:18, 39, 51
Jobs, Steven 9:40
Johannsen, Wilhelm 7:31
Johanson, Donald 9:31
Johnson, Harold 10:49
Jokichi Takamine 7:22
Joliot Curie, Irène and Fréderic 8:8, 23, 30, 40
Jones, Brian 10:35
Jones, Harold Spencer 8:34
Jones, William 4:26
Josephson, Brian 9:18
Jouffroy d'Abbans, Claude 5:7, 6:8
Joule, James 6:6, 7, 11, 15, 48, 48–9*, 51
Joyner, Fred 9:8
J/psi particle 9:31
Judson, Whitcomb 7:14
Jung, Carl 7:48; 8:31
jungle fowl, domestication 1:18
junks 3:21, 34
Jupiter 4:14, *14*, 47, 8:30; 9:6, 12, 10:25, *25*, 28
moons 3:43, 50; 4:8, 9, 28, 46, 7:11, 30; 9:31, 39; 10:34, 38, 42, *42*
space probes 9:33, *34–5*, 35, 40; 10:20, 26, *26*, 27, 34, 42
Just, Ernest 8:11

K

Kaiser, Henry 8:*31*
Kalashnikov, Mikhail 8:42
kaleidoscope 5:26
Kamen, Martin 8:31
Kamerlingh Onnes, Heike 10:22
Kanellopoulos, Kanellos 10:20
Kao, Charles 9:26
kaon 9:48
Kapany, Narinder 9:14
Kaplan, Viktor 6:12, *12*
Kapor, Mitchell 10:9
Kapteyn, Jacobus 7:18
Karman, Theodore 8:31
Karrer, Paul 8:19, 26
Kastler, Alfred 9:6
Kato Shirozaemon 3:13
Katsusaburo Yamagiwa 7:39
Katsuyoshi Hoshino 10:38
Kavelaars, J. J. 10:31
Kay, John 4:31, *31*, 5:13
Keeler, James 7:15
Keenan, Philip 10:49
Keilin, David 8:11
Keith, Arthur 7:27
Kekulé, Friedrich 6:19, *26*; 7:47, 10:20
Kellman, Edith 10:49
Kellogg, John 7:14
Kelvin, Lord *see* Thomson, William
Kemeny, John 9:*21*; 10:11
Kendall, Edward 7:38, 8:42
Kendrew, John 9:18, 48*, 50
Kennelly, Arthur 7:22
Ken Shou Ch'ang 2:15
Kepler, Johannes 3:*42*, 43, 48; 4:6, 24, 47, 48*
Kettering, Charles 7:23
Kevlar 9:26
Keynes, John Maynard 8:7
Khorana, Har 9:38
Khryashtchev, Leonid 10:39
al-Khwarizmi 2:39, 40, 3:7, 10, 51
kidney dialysis machine

imprinting, in animals 8:49
incubators 2:6; 3:42
India rubber 4:34
indices, negative 3:30
indigo 6:39, *39*
indium 10:46
induction coil 7:48
induction motor 7:51
Indus civilization 1:50*
inertia 3:*26*, 47
infinite series 4:47
information theory 8:42
Ingenhousz, Jan 5:7
Ingersoll, Simon 6:31
Ingold, Christopher 8:14
inheritance (acquired characteristics) 7:7
ink 1:41
inkblot test 8:6, 6
Innes, Robert 7:39
inoculation, *see* vaccination
insects 4:31
classification 5:6
flower pollination 4:39, *39*
metamorphosis 4:14
sex determination 7:26
insulators, electrical 4:30
insulin 6:30; 8:6, 7, 14, 46; 9:12, 25, 48, 50; 10:6
insulin shock treatment 8:18
integrated circuits 9:15, *15*, *36*, 37, *37*; 10:10
integrated services digital network (ISDN) 10:20
intelligence quotient (IQ) 7:26
Intelsat 9:21, 26
intercontinental ballistic missiles (ICBMs) 9:9
interferon 10:6
internal combustion engines 6:44–5, 46; 7:6, 10
diesel engine 6:45, 47–8
four-stroke 6:44, *45*, 46
gas-burning 6:19, 35
two-stroke 6:44, *44*, 46
Wankel engine 6:45
Internet 10:27, 44
interplanetary medium 10:51
introns 9:38
invar 4:12
invertase 6:31
in vitro fertilization (IVF) 9:25, *25*, 39
iodine 5:23, 27, *32*
ionosphere 8:10
iron 1:38, 3:24
magnetization 7:42
in red blood cells 8:11
iron lung 8:15
iron smelting 1:40, 48, 49; 3:43; 4:26, 32–3, 46
hot-air process 5:34
ironworking 1:41, 49; 2:19
irrigation systems 1:41, 46; 2:19, 40
Ishango bone 1:42
Isidorus of Melitus 2:34
isobutane 6:26
isotopes 7:35, 50; 8:46
beta decay 8:27, 47
whole number rule 8:6
Issigonis, Alec 9:15, *15*

J

Jablochkoff, Pavel 6:35
Jackson, John 6:23
Jacob, François 9:18
Jacobi, Moritz von 5:42
Jacquard, Joseph 5:19; 8:44
Jacuzzi, Candido 9:27
Janney, Eli 6:*27*
Janowsky, David 9:31
Jansen, Zacharias 3:42
Jansky, Karl 8:19; 9:22
Janssen, Pierre 6:27
Jarchus, Solomon 3:7
Jarvik, Robert 9:41; 10:42
Jeans, James 7:43

Howd, Samuel 6:12
Howe, Elias 6:10, *10*
Howell, William 7:*42*
Hoyle, Fred 8:42
Hsi Han 2:29
Huang Fu Mi 2:28
Huang Ti 2:31
Hubble, Edwin 7:42, *42–3*, 48–9*; 8:11, *11*, 18, 10:28
Hubble Space Telescope 10:8, 20, 25, 26, 28–9, 31, *31*, 42
Hückel, Erich 8:10, 22
Hufnagel, Charles 9:9
Huggins, Charles 8:34
Huggins, William 6:26, 27
Hughes, David 6:*24*, 25, 39
Hughes, John 9:38
Hull, Albert 8:6, 32
Hulse, Russell 9:31
Hülsmeyer, Christian 8:32, *32*
Human Genome Organization (HUGO) 10:18
Human Genome Project 10:12, 19, 38, 40–1, 51
humans, early 1:12–13
Humery, Konrad 3:28, 49
Huneferd, Guenther von 8:15
Hunley, Horace 6:28
Huntsman, Benjamin 4:34
Hurst, G. Samuel 9:38
Hussey, Obed 5:16–17, 38
Hutton, James 5:10, 14
Huxley, Andrew 9:6
Huygens, Christiaan 3:22, 4:*10–11*, 11, 12, 14, 18, 21, 24, 48*
Hyakutake, Yuji 10:30
Hyatt, John 6:30
hydraulic press 5:14, 46
hydrocarbon substitute 10:18
hydrochloric acid 3:42; 5:30
hydrocyanic acid (prussic acid) 4:42, 51
hydrogen 4:42, 50, 5:46; 6:22, 31, 7:46, 47, 8:15
hydrogen atoms 6:42, 8:14, 50
hydrogen bombs 9:7, *7*, 9, 14, 27
hydrogen chloride 4:50
hydrogen ions, in space 8:30
hydrogen isotopes 8:22
hydrogen peroxide 5:27
hydrogen sulfide 4:50
hydrometer 2:28, 4:18, 42
hydroponics 6:22
hygrometer 4:19
Hyland, Lawrence 8:32
hypermetropia (farsightedness) 6:19
hypertension 9:6
hypnotism 5:6
hypodermic needle 6:14
hyposulfite of soda (hypo) 5:27
hysteresis 6:39

I

ibex 10:38
IBM 8:10, 44
Ibn al-Baytar 3:13
Ibn Hayyan, Abu Musa Jabir (Geber) 2:35, 38, 39
Ibn-Ishaq, Hunayn 2:40
Ibn al Nafis 3:16
ice ages 5:42, *42*
Iceland 2:41, 44
iconoscope 8:10, 13, 51
Ignarro, Louis 10:13, 48*
iguanodon 5:31, *31*, 49
Ikeya Kaoru 9:24
Illmensee, Karl 10:32
Imhotep 1:30, *31*, 49
immunoglobulin 9:25
impetus 3:20, 47

Hieron II 2:16, *16*
Higginson, Alfred 6:14
Higgs, Peter 9:19
Hill, Andrew 10:12
Hill, Bradford 9:6
Hipparchus of Nicaea 2:15, 29, 49*, 50; 6:36
Hippocrates of Kos 2:7, 39, 46, 48, 49*
Hire, J. N. de la 4:27
Hirn, Gustave 6:7
Hirst, Edmund 8:23
His, Wilhelm 7:14
Hisinger, Wilhelm 5:46
histamine 7:34
histidine 7:15
histones 6:43
Hitchings, George 9:6, 47, 48*
Hittites 1:38, 40, 46, 49–50*
Hittorf, Johann 7:16
HIV 9:*39*; 10:7, 47, 49
Hjelm, Peter 5:7
Hoagland, Mahlon 9:12
Hockham, George 9:26
Hodgkin, Alan 9:6
Hodgkin, Dorothy 8:39; 9:12, *13*, 25, 48*
Hoerni, Jean 9:37
hoes 1:*28*; 8:7
Hoff, Ted 9:32
Hoffman, Felix 7:36
Hoffmann, Roald 9:25, 51, 10:48*
Hofmann, Albert 8:35
Hofmann, August 6:27, 47, 51
Holek brothers 7:45
Holland, John 6:29; 7:19
Hollerith, Herman 7:10; 8:44
Holman, Matthew 10:31
Holmes, Arthur 7:35
Holmes, Oliver Wendell 6:11
holmium 6:39
holography 8:42
Holonyak, Nick, Jr 9:20
Holt, Luther 7:42
Homburg, Wilhelm 4:22
homeopathy 5:14
homeostasis 8:22
Homer 2:6
Homo erectus 1:10, *12–13*, 14; 7:10; 8:14; 9:49, 10:12, 49
Homo floresiensis 10:39, *39*
Homo habilis 1:10, 12, *12–13*; 9:18, 31, 49; 10:49
Homo sapiens 1:10, 12, *12–13*; 10:18
Honain ben Isaac 2:39
Honnecourt, Villard de 3:12
Hooke, Robert 3:23; 4:11, 14, *14*, 18, 19, *19*, 20, 25, 29, 47–8*, 48
Hope, Thomas 5:14
Hopkins, Frederick Gowland 7:27; 8:6
Hopper, Grace 9:9
Hoppe Seyler, Felix 6:23, 31
hormones 7:22; 9:7, 30
Horrocks, Jeremiah 4:6
horsepower 5:9
horses
domestication 1:19, *19*, 22–3
harnessed in pairs 2:20; 3:6
horseshoes 2:15
Horton, Joseph 8:14
Horwitz, Robert 10:40
hospitals 2:41; 3:16
Hoste, Paul 4:22
Hotchkiss, Benjamin 6:31; 7:45
hourglass 3:17, 22
houses
Egyptian 1:27
reed 1:19
hovercraft 9:8, 9, 47
Howard, Edward 5:18
Howard brothers 8:7

catheterization 8:18
coronary angiograms 10:51
implanted pump 10:25
pacemakers 9:15, 18, 10:51
surgery 7:14, 39; 9:7, 8, 24, 46
transplant 9:24, *24*, 25, 46
heart-lung machine 9:7, 8
heat 5:15, 39, 50, 51, 6:23
mechanical equivalent 6:7, 49
Heatley, Norman 8:21
Heaviside, Oliver 7:11, *22*
heavy water 8:51
hectograph 5:9
Hedley, William 5:23, *23*
Heeger, Alan 9:38
Heisenberg, Werner 8:9, 14, *15*
Helicobacter pylori 10:7
helicopters 8:26, 28–9, 30, 38
gyroplane 7:27
Helin, Eleanor 10:7
heliograph 5:30
helium 6:27; 7:15, 23, 30, 43, 50, 51
helium-6 isotope 10:39
Heller, Adam 10:6
helmets, bronze 1:*38*
Helmholtz, Hermann von 6:11, 14, 42, 48*, 7:48
hematite 1:38
heme 8:18
hemoglobin 6:23; 9:7, 13, 50
hemophilia 5:19; 6:21
Hench, Philip 8:42
Henle, Jacob 6:6, 40
Henlein, Peter 3:22, 23, 31
Hennebique, François 7:11
Henneman, Nicholas 5:33
Henning, Hans 7:19
Henry, Prince of Prussia 7:34
Henry, Joseph 5:38, 39, 48*, 50; 6:10, 11, 23
Henry, William 5:18
Henson, William 7:29
heparin 7:42
hepatitis 10:6, 19
Hérelle, Felix d' 7:38
Hermite, Charles 6:34
hernias 3:21
Herod the Great 2:20
Hero of Alexandria 2:20, 49*
Herophilus of Alexandria 2:7, 49*
Heroult, Paul 7:6
Herschel, Alexander 5:49
Herschel, Caroline 5:10, 49
Herschel, John 5:27, 30, 49
Herschel, William 4:*24–5*, 43; 5:10, 11, 18, 23, 48–9*
Hershey, Alfred 8:39
Hertz, Heinrich 7:7, 12, 23, 48*
Hertzsprung, Ejnar 7:30, 32–3; 8:10
Hess, Germain 6:7
Hess, Victor 7:34, *34*
Hevelius, Johannes 4:7, 11, 24, 9:44
Hevesy, Georg von 7:34
Hewish, Antony 9:*24*, 25, 46
Hewitt, Peter Cooper 8:28
hexonuric acid 8:22
Hey, Stanley 8:35
Heyrovsky, Jaroslav 7:43
Hideki Shirakawa 9:30, 38
hieroglyphs 1:24, *24*, 26, 48

set of all sets paradox 7:22
set theory 7:30
tensor 7:19
see also algebra, geometry; logarithms, trigonometry
Mathijsen, Antonius 6:15
Matsumura, Kenneth 10:19
matter 5:10, 43
Matthews, Dennis 10:14
Matthias, Bernd 9:25
Mauchly, John 8:39, 43, 45, 45, 9:8, 47, 49*; 10:46
Maudslay, Henry 5:18
Maunder, Walter 7:14
Maupertius, Pierre de 4:34, 34
mauveine 6:18, 51
Maxim, Hiram 6:42, 49–50*; 7:29, 44–5, 44, 45
Maxwell, James Clerk 6:18, 23, 27, 34, 34; 7:12, 15, 47, 51
Mayan civilization 2:12, 24–5
Maybach, Wilhelm 6:44
Mayer, Julius von 6:6, 7, 11
Mayor, Michael 10:25
measles 2:39, 40, 51, 9:13
measures 1:44–5; 2:40, 3:30
measuring scale 4:6
Méchain, Pierre 5:11
mechanics 5:11
mechanisms, drawings 3:12
medical surgical books 2:50; 3:6, 7, 12, 21, 26, 36, 43, 46
medicine 2:20, 39, 47, 49–50, 51
ancient 1:30–1, 34
Chinese 2:30
license to practice 3:7
megaphone 6:48
Megenberg, Conrad von 3:27
Meigs, Montgomery 6:22
Meikle, Andrew 3:9, 5:11, 16
Meissner, Georg 6:15
Meitner, Lise 8:40; 9:17
meitnerium 10:6
melamine 5:38
Melanby, Edward 8:7
Melotte, Philibert 7:30
Melzi, Francesco 3:32
Mendel, Gregor 5:45; 6:20–1, 26
Mendel, Lafayette 7:35
Mendeleev, Dmitri 6:30, 32–3; 7:6
mendelevium 6:33, 9:12, 51
Menelaus of Alexandria 2:21
Meng T'ien 2:30
Menten, Maude 7:35
Menzel, Donald 8:23
6-mercaptopurine 9:6, 47
Mercator, Gerardus 3:36, 37, 50*
mercury (metal) 2:38, 51
Mercury 4:6, 7, 47, 7:10, 50
space probes 9:33, 10:43
Mergenthaler, Ottmar 6:43
Mersenne, Marin 4:7
Meselson, Matthew 9:12
Mesmer, Friedrich 5:6, 6
mesomerism 8:14
meson 9:31
Mesopotamians 1:50*
messenger RNA (mRNA) 9:18
Messerschmitt, Willy 8:26, 35, 35, 49*
Messier, Charles 4:30, 5:7
metabolism 3:43
metal casting 1:26, 41
metal planing machine 5:27
2:38, 40
Mandelbrot, Benoit 10:6, 6, 49*
manganese 4:43, 51
Manhattan Project 8:35, 40, 47, 51
Mannes, Leopold 8:26
manometers 4:14, 5:27
Mansion, Colard 3:28, 47
Mantell, Gideon 5:31, 49*
Mantell, Mary Ann 5:31
maps 1:35, 47, 2:20; 3:6, 7, 50
geologic 5:26
magnetic variations 4:22, 22–3
of the Moon 4:10, 6:36–7, 38, 9:44
projections 3:36, 37, 50
Maraldi, Giacomo 6:37
marble sculptures 1:26
Marconi, Guglielmo 7:12, 12, 13, 22, 46, 47, 48, 49*; 9:36
Marco Polo 3:38
Marcus, Siegfried 6:44
Marggraf, Andreas 4:35, 39
Marie, Pierre 7:6
Marinsky, Jacob 8:42; 9:16
Marinus of Tyre 2:20
Mariotte, Edme 4:14, 18, 46
Marius, Simon 3:43, 49–50*
Markham, Fred 10:14
Markov, Andrey 7:27
Marrison, Warren 8:14
Mars 4:15, 46, 48; 6:36–7; 7:26, 50
microfossils 10:30, 30
moons 6:38
space probes 9:20, 32, 33, 34–5, 40, 40; 10:27, 34, 34, 35, 39, 42, 43
Marsden, Ernest 7:31, 31
Marsh, James 5:42
Marshall, Barry 10:7
Marsigli, Luigi 4:26
Martin, Archer 8:38
Martin, James 8:39
Martin, Pierre 6:26
Martine, George 4:31
Martini, Francesco di Georgio 3:30
Mary Rose (warship) 3:35, 35
maser 9:7, 28
Maskelyne, Nevil 4:37, 42, 43
mass
calculation of 7:11
conservation of 4:43
measurement of 10:43
mass production 7:21, 47
mass spectrograph 8:46
Masursky, Harold 10:38
matches 1:14; 2:34; 4:19; 5:34
safety 6:18
matchlock 3:24, 26
mathematical signs/symbols
division 4:11
e 4:30, 6:34
greater than (>) 4:6
infinity (∞) 4:11
less than (<) 4:6
multiplication sign 3:43
pi (π) 2:17, 21, 29, 4:26, 42; 6:34
square root 3:36
mathematics
advances in 3:10–11
books/journals 3:20, 30; 5:23
equation solving 1:35, 47
graphical statics 6:31
infinite series 5:10
method of least squares 5:14
partial differential equations 4:35
proof 8:26
11, 11
lymphoma 9:13
Lynden-Bell, Donald 9:25
Lyon, Mary 9:18
lysergic acid 9:51
lysergic acid diethylamide (LSD) 8:35
lysozyme 8:7, 20, 48
Lystrosaurus 9:30

M

McAdam, John 5:26
MacArthur, Ellen 10:42
McCandless, Bruce 10:14, 14, 16
McClintock, Barbara 9:6, 49*
McCollum, Elmer 7:35; 8:7
McCormick, Cyrus 5:16–17, 38; 6:16
McCormick, Robert 5:16
McCormick, Stephen 5:16, 27
MacCready, Paul 9:41
MacDiarmid, Alan 9:38
McDowell, Ephraim 5:23
MacEwen, William 6:39
Mach, Ernst 7:7
machine guns 4:27; 6:22, 22 6:31; 7:44–5
fully automatic 6:42, 49–50
light (LMGs) 7:45
submachine guns 7:45
machine pistols 7:44
Macintosh, Charles 5:15, 31
McKay, David 10:30
MacLean, Malcolm 9:9
Macleod, John 8:7
McMillan, Edwin 8:31; 9:16–17, 50
Macmillan, Kirkpatrick 5:43
Macquer, Pierre 4:42
Macready, John 8:7
macromolecules 8:7
Maddox, Richard 5:33
Madsen, Captain W. 7:45
Maelzel, Johann 5:26
Magdeburg spheres 4:11, 16, 16–17, 17
Magee, Carlton 8:26
Magellan, Ferdinand 3:30, 31, 38, 39, 49*
magic lantern 4:10, 10
magnesium sulfate 4:23
magnetic declination 4:6
magnetic deviation 3:18, 19
magnetic dip 3:42
magnetic fields 5:37, 46
magnetic induction 5:31
magnetic levitation (maglev) 10:22, 23
magnetic resonance imaging (MRI) 9:30, 31
magnetic variations 4:22, 22–3
magnetohydrodynamic generators 9:32
magnetron 8:6, 32–3, 32
magnets 3:16, 18, 49, 10:23
magnification 3:16, 16
Magnus, Albertus 3:16, 46*, 51
Magnus, Heinrich 6:15
Maiman, Theodore H 9:20, 28, 28, 29
al Majusi, Ali Abbas 3:6
Maksutov, Dmitri 8:34, 34
malaria 4:27, 6:39, 41, 7:18, 42, 9:51
Malouin, Jean Paul 4:34
Malpighi, Marcello 4:11, 11, 47
Malthus, Thomas 5:15, 45
Malus, Étienne 4:15; 5:22
Mamluk Sultan Qala'un 3:16
mammoths 1:10, 10; 5:14, 9:38
al Ma'mun, Abdallah
Lillehei, Clarence 9:15
lime production 3:17
Linacre, Thomas 3:31, 31
Lind, James 4:35
Lindbergh, Charles 8:15, 15
Lindblad, Bertil 8:10
Linde, Andrei 10:6, 47
Linde, Karl von 6:35, 47
Lindenthal, Gustav 7:42
Linderstrøm Lang, Kaj 9:6
Lindow Man 10:12
Lindstrand, Per 10:15, 21, 46
linear accelerators 8:38, 9:24
Linn, Stewart 9:11
Linnaeus, Carolus 4:34, 34, 49*
Liouville, Joseph 6:14
Lipmann, Fritz 8:34, 42
Lippershey, Hans 3:43; 4:24
liquid crystal display 9:32, 32
Lisle, Jean Romé de 4:43
Lister, Joseph 6:27, 49*
Lister, Joseph Jackson 6:49
lithium 5:27
lithotripsy, ultrasonic 10:6
Liu Hsin 2:20
Liu Hui 2:21
llamas, domestication 1:23, 27, 50
Llull, Ramón 3:17
Lobachevski, Nikolai 5:34
lobotomy 8:26
locks (canal) 2:41; 3:26, 5:20, 21
locks (security devices) 1:19, 46; 5:46, 6:26, 26
Lockyer, Joseph 6:27
locomotives 6:14; 8:34
lodestone 2:51; 3:18, 49
Lodge, Oliver 7:12 49
Loewi, Otto 8:6
Löffler, Friedrich 6:40, 41, 43; 7:18
logarithms 3:10, 42, 43, 47, 50; 4 30
logic 2:10
Lohrmann, Wilhelm 6:36, 38
Lomonosov, Mikhail 4:35, 39
London, Fritz 8:15, 26
London, Heinz 8:26
Long, Crawford 6:7
longbows 3:20
longitude 2:49, 50; 3:6
finding 4:27, 37
longships 2:41, 44–5, 45, 3:6, 34
Lonsdale, Kathleen 8:18
looms 1:19, 19; 5:10, 13, 13, 19
power 6:13, 13
Lorenz, Konrad 8:26, 49*
Loschmidt, Joseph 6:26
Lovell, Bernard 9:22
Lovell Badge, Robin 10:19
Lovelock, James 9:39
Low, Archibald 7:42
Lowell, Francis Cabot 6:13
Lowell, Percival 6:37, 7:14, 26, 8:50
Lower, Richard 4:14
Lowry, Thomas 8:10
Lucid, Shannon 10:34
Ludwig, Carl 6:18
Luger, George 7:18
Lukin, Lionel 5:10
Lumière brothers 7:14, 14
Lundström, Johan 6:18
Luria, Salvador 8:34
lutecium (lutetium) 7:27
Luyten, William 10:49*
Luzzi, Mondino de' 3:17
Lyceum (Peripatetic School) 2:10, 10–11, 51
Lyell, Charles 5:34, 45
lymphatic system 4:10,
Lejeune, Jérôme 9:13
Lemaître, Georges 7:48–9, 8:14, 48, 48–9*
Lenard, Philipp 7:23
Lenoir, Étienne 6:19, 42, 44
lens (of eye), artificial 9:8
lenses 3:16, 16; 4:28, 29
achromatic 4:24, 31, 39
anamorphic 8:11
grinding 4:14, 24, 49
silvercoating 6:18
lentils 1:18
Lenz, Heinrich 5:39, 6:7
Leonardo da Vinci *see* Vinci, Leonardo da
Leonov, Aleksei 9:26, 26
Lesseps, Ferdinand de 6:30, 7:40, 40
leukemia 6:10, 10:47
leukocytes 7:22
Levassor, Emile 7:20, 20, 21
Levene, Phoebus 7:31, 8:18
levers 2:16; 3:13
Levi Montalcini, Rita 8:42
Levy, David 10:24
Lewis, George 8:22
Lewis, Gilbert 7:38, 8:10, 14
Lewis, Isaac 7:45
Lewis, Winford 7:42
lewisite 7:42
Lewontin, Richard 9:24
Lexell, Anders 4:42
Leyden jar 4:35, 35, 40
Liang Ling Zan 2:35, 3:22
Libau, Andreas 3:42
Libby, Willard 8:38
lichens 6:27
Li Ch'un 2:34
lidar (light radar) 9:29
Liebermann, Carl 6:27
Liebig, Justus von 5:39, 39
Liebreich, Matthias 6:30
lifeboats 5:10
light
corpuscular theory 4:18, 21, 23, 28, 29, 40, 48
diffraction 5:26
dispersion of 4:15, 15, 21
electromagnetic theory of 6:34, 34
interference 4:28, 29, 29; 5:18
nature of 4:28–9, 48
photovoltaic effect 5:42
polarization 5:22
quantum theory 4:29
reflection 2:50
refraction 2:50, 3:17; 4:28, 29
speed of 4:18, 28, 28, 30, 46, 48, 6:43, 7:10
ultraviolet 5:18, 7:18
wave particle duality 4:28, 29
wave theory 4:14, 18, 21, 28, 29, 40, 48; 5:26, 26
light bulbs 6:38, 48, 49
light-emitting diode 9:20
lighthouses 4:27; 5:26
Eddystone 4:22, 22, 23, 51
Pharos 2:7, 7
lighting
arc lamps 5:22, 48; 6:35
domestic 5:14
gas 5:15
gas mantle 7:6, 46
high intensity arc lamp (searchlight) 7:39, 39
incandescent filament lamp 7:30
limelight 5:31
natural gas 1:41
neon tubes 7:31
stone lamps 1:10
lightning 4:34, 38, 40, 10:39
light rays 3:46, 7:22
Lilienthal, Otto 6:38, 39, 7:11, 28, 49*, 51
Lake, Simon 6:29
Lalande, Joseph de 5:14
Lamarck, Jean Baptiste 5:14, 18, 22, 28, 30, 44, 49*, 7:7
Lamb, Willis 8:42
Lambert, Johann 4:39, 42
Lamy, Claude Auguste 6:47
Lancisi, Giovanni 4:27
Land, Edwin 8:42
land mines 3:30, 31
land speed records 9:32, 10:9, 14, 35, 35
Landsteiner, Karl 7:19, 8:14, 31, 48*
land yacht 3:43, 51
Lane, John 5:17
Lane, Jonathan 6:30
Lane, William Preston, Jr. 9:20
Langen, Eugen 7:22
Langerhans, Paul 6:30
Langevin, Paul 7:27, 39; 8:51
Langley, John 7:19
Langley, Samuel 6:42, 7:15, 29
Langrenus, Michael 4:10; 6:36; 9:44
Lanston, Tolbert 7:6
lanthanum 5:43
Laplace, Pierre Simon de 4:43; 5:14, 23, 35; 8:38
Lapworth, Arthur 8:6
Laques, Pierre 10:7
Larson, Stephen 9:39
Lartet, Louis 6:27
Lartigue, Charles 6:42, 42
lasers 9:7, 20, 28–9, 31; 10:8, 14, 18, 31
Lassell, William 6:10, 11, 14, 49*
latent heat 4:39
lathes 4:14, 23, 5:18
latitude 2:49, 50; 3:6, 36, 4:36, 37
laudanum 3:36
Laue, Max von 7:34
Laurent, Auguste 6:15
Laurent, François 5:7
Laval, Carl de 6:38
Laveran, Alphonse 6:39
Lavinde, Gabriel de 3:20
Lavoisier, Antoine 4:43, 47–8*, 50, 51; 5:6, 7, 10, 48, 51
law of definite proportions 5:14
law of mass action 6:23
law of multiple proportions 5:19, 47
law of partial pressures 5:18, 47
Lawrence, Ernest 8:22, 9:16, 16
Lawson, Henry 6:39
L-dopa 9:24
Leakey, Jonathan 9:18, 49
Leakey, Louis 9:49*, 10:48
Leakey, Maeve 10:7
Leakey, Mary 8:42; 9:49; 10:48
Leakey, Richard 9:31, 49; 10:12, 48–9*
Leavitt, Henrietta Swan 7:34
Lebedev, Pyotr 7:22
Leblanc, Nicolas 5:11
Le Blon, Jakob 4:26, 27
Lebombo bone 1:42
Lebon, Philippe 5:15
Lecacheux, Jean 10:7
Le Chatelier, Henri 7:7
Leclanché, Georges 7:8–9
Lederberg, Joshua 8:42, 9:6, 11
Lederman, Leon 9:18, 39
Lee, William 3:42, 49*
Legendre, Adrien Marie 5:10, 14
Lehmann, Inge 8:27
Lehn, Jean Marie 10:18
Leibniz, Gottfried 4:19, 22, 49*
Leishman, William 7:19

paddle wheels 4:22, 50
Page, Charles 5:43, 6:14
Paget, James 5:39
pagodas, iron 2:34, 41, *41*
paints, oil based 3:21
Palade, George 9:12
Palitzsch, Johann 4:39
Palladio, Andrea 3:37
palladium 10:24
Pallas, Peter 4:42
Palmer, Charles 7:19
Palmer, Daniel 7:14
Palmieri, Luigi 6:18
Palmkrantz, Helge 7:44
pancreatic duct 4:7
Paneth, Friedrich 7:34
Panhard, René 7:20, *20, 21*
pans, nonstick 9:9
pantograph 3:43
pantothenic acid 8:23
Papanicolaou, George 8:15
paper, using 2:42–3
paper chromatography 8:38
paper dress pattern 6:23
papermaking 2:21, 40, 42–3, 5:22
papermills 3:7, 26, 30
papier mâché 4:43
Papin, Denis 4:18, *22*, 44, 45, 49–50*
Pappus of Alexandria 2:29, 50*
papyrus 1:27, 48; 2:42
Paracelsus 3:36
parachutes 5:10, *10*, 14; 7:34
  pyramid-shaped 3:30, *30*, 32
paradoxes 2:6, *6*, 51
parasol 1:34
parathormone 9:18
parathyroid glands 6:15
parchment 2:21, 42
Paré, Ambroise 3:36, *37*
Parker, Eugene 9:*12*, 13
Parkes, Alexander 6:7, 18, 30
parking meters 8:26
Parkinson, James 5:27
parkinsonism 9:24, 10:19
Parseval, August von 7:22
Parsons, Charles 6:43; 7:18
parthenogenesis 4:35
particle accelerators 8:8, 9, 38, 40, *40*; 9:15, 16, *16*, 24
particle experiments 10:18
Pascal, Blaise 4:6, 7, *7*, 10, *10*, 50*; 8:44
Pascu, Dan 10:7
Pasteur, Louis 6:11, 19, *19*, 23, 39, 40, *40*, 50–1*; 7:6, *6*; 8:20, *21*
pathology 4:39
Paul, Lewis 4:34
Paul, Wolfgang 9:39
Pauli, Wolfgang 8:9, 11, 19, 47, 49–50*
Pauling, Linus 8:19; 9:6, *7*, 10
Paul of Aegina 2:35, 50*
Pavlov, Ivan 7:10, 23, *23*, 49–50*
Paxton, Joseph 6:14, 16
Payen, Anselme 5:31, 38, 43
Peacock, George 5:35
peanuts 1:27, 50
Pearce, Louise 7:42
Pearson, Gerald 9:9
Pedersen, Charles 9:19
Peebles, Jim 10:51
Peierls, Rudolf 8:40
Peiresc, Nicolas Claude de 3:43
pellagra 7:38
Pelletier, Pierre 5:27, 30
Pelouze, Théophile 6:10
Peltier, Jean 5:39
Pelton, Lester 6:12, *12*, 31
Pemberton, John 7:6
pencil erasers 4:43
observatories 3:16, 21, 42, 47, 51; 4:6, *7*, 18, *18*, 25, 10:35
  CGRO satellite 10:19
  Greenwich 4:18, *18*
  Infrared Space Observatory (ISO) 10:27
  Lick 7:6, *6–7*, *10*
  Mount Wilson 7:42, *42–3*, 48
  Yerkes 7:18
obsidian 1:*11*, 19
Occhialini, Giuseppe 8:42
Ochoa, Severo 9:12
octant 4:30, 36, 36–7
odometer 3:32
Ohain, Hans von 8:51
Ohm, Georg 5:34
oil 7:19, 35
oil drilling platforms 10:21
oil-drop experiment 7:35
oil lamps 5:7
oil wells 6:19, *19*
Olbers, Heinrich 5:7, 18, 22, 26, 34, 50*
Oldham, Richard 7:18, 27
Olds, Ransom 7:6
Oliphant, Mark 8:22
olive oil 1:35, *40*; 2:15
olives 1:35
Omar Khayyam 3:7
oncogenes 9:38
O'Neill, Gerard 9:15
Onnes, Heike Kamerlingh 7:30, 34
Oort, Jan 8:14; 9:6, *6*, 50*
ophthalmology 2:40, *40*
ophthalmoscope 6:14, 48
optical activity 5:27; 6:11, 50
optical fiber 9:14
  telephone link 9:41
optical pumping 9:6
optic nerves 3:37
optics 2:50–1; 3:6, *16*, 46
  see also light
Oresme, Nicole de 3:20
Orfila, Matthieu 5:26
organic chemistry 6:15, 19
organic compounds 5:35, 38
organic reactions 10:48
organic synthesis 7:22
organs (musical instrument) 2:41, *47*, 49, 8:*23*
Oribasius 2:28
ornithopter 3:30, 32, *33*
orrery, clockwork 4:27, *27*
Ørsted, Hans 5:30, *30*, 31, 6:24, 25
Ortelius, Abraham 3:36
Osann, Gottfried 5:35
oscillators, backward wave 9:48
Osiander, Andreas 3:40
Osler, William 6:34
osmosis 5:34, *34*
osteopathy 6:34
Ostriker, Jeremiah 10:51
Otis, Elisha 6:15, *15*, 50*
Ott, Hans R. 10:22
Otto, John 5:19
Otto, Nikolaus 6:35, 44, 46
Oughtred, William 3:11, 43, 8:44
Owen, Richard 5:28, *28*; 6:6, 15
oxidative phosphorylation 9:19
oximes 6:38
oxygen 4:43, 48, 49, 50, 51; 7:14, 47; 8:18, 23
oxygine 4:48
oxytocin 7:30; 9:7
ozone 6:6, 18
ozone layer 7:35; 10:12, *12*, 21

P
Pacioli, Luca 3:10, *11*, 30
paddleboats 2:29, 5:7, 11, *22*, *22*, 48, 6:8, 46
Nieuwland, Julius 8:6
Nightingale, Florence 6:*22*
nilometer 1:26, 48
Nilson, Lars 6:32
Nipkov, Paul 8:12
Nirenberg, Marshall 9:19
nitrates 6:6
nitric acid 3:48, 5:10, *47*
nitric oxide 10:13, 48
nitrification 7:10
nitrocellulose (guncotton) 6:10, 50, 7:44, 47
nitrogen 4:43, 5:38, 39; 6:6, 38, 43, 7:19, 43, 50, 51
nitroglycerin (trinitroglycerol) 6:11, 23, 50
nitrous oxide (laughing gas) 4:50; 5:6, 15, 48; 6:7, 7:36
Nobel, Alfred 6:23, 27, 50*
nobelium 6:50; 9:12
Nobile, Umberto 8:14
Noble, Richard 10:9
Noddack, Walter 8:11
Noether, Emmy 7:42; 8:7
Nollet, Jean Antoine 4:35, *35*
Nordenfelt, Torsten 7:44
norepinephrine (noradrenaline) 8:39
norethindrone 9:9
Norman, Robert 3:42
Norris, Kenneth 9:18
Norrish, Ronald 8:43
Northedge, Ron 10:42
Northrop, John 8:19
novas 4:48; 9:25; 10:38
Noyce, Robert 9:15, 32, 37
nuclear fission 7:46; 8:*22*, 30, 34, 40–1
nuclear fusion 8:30; 10:13, 19, *19*, 43
nuclear magnetic resonance (NMR) 8:39, *39*
nuclear physics 7:50
nuclear powered vessels 9:9, 14, 15, 20, 27
nuclear power plants 9:9, 14, 15; 10:21
nuclear reactors 8:34, *34*, 35, 38, 40, 42, *47*, 9:6, 7, 8, 15
  radioactive fallout 10:13, *13*
nucleic acids 6:39
nucleohelicates 10:18
nucleons 8:9
numbers 1:24–5, 26
  complex 5:15, 19
  imaginary 5:6
  irrational 6:31
  large 2:21
numbers (cont.)
  laws of 5:35
  negative 2:15
  prime 2:14, 48, 8:*27*, 10:7
  transcendental 6:14, 34
  transfinite 6:35
number systems 1:51; 2:32
  base 10 system 2:32, 34
  binary 2:32
  decimal 1:48, 3:48, 51
  nonpositional 1:40, 48
  place value (positional) 1:34, *47*, 2:*7*, 24–5, 32, 40; 3:10
number theory 2:20
numerals 2:32, 40, 41, 49
Nuñez Regueiro, Manuel 10:22
Nuttall, George 7:11
nylon 8:24

O
Oatley, Charles 9:20
oats 1:41
Oberth, Hermann 8:10, *16*, 17
5:39
Murdock, William 5:10, 14, 7:20
Murphy, John 7:26
Murphy, William 8:10
music 2:31; 3:6, 49
  synthesizers 9:21, *21*
muskets 3:24–5, 5:51
Musschenbroek, Pieter van 4:35, *35*
myoglobin 8:*22*, 9:18, 48
myxedema (goiter) 6:42

N
Naarmann, Herbert 10:13
nanotechnology 9:15
napalm 8:34
Napier, John 3:10, *10*, 11, *11*, 42, 43, 47, 50*, 8:44
Nasmyth, James 6:49
Native Americans 1:50*
Natta, Giulio 9:13
natural history 2:*20*, 50; 5:28
Nautical Almanac 4:42
Navarro, Pedro 3:31
navigation 3:17, 4:27, 30, 34, 36–7
nebulas 3:43, 4:30, *31*, 38, 6:26, 49, 7:34, 38, 42, 8:*23*, 9:7
Neckam, Alexander 3:12, 18, 50*
Neddermeyer, Seth 8:9
Néel, Louis 8:19
negative feedback amplifier 8:15
Neilson, James 4:33, 5:34
Nelson, Erik 8:11
Nemorarius, Jordanus 3:13
neodymium 7:6
neon 7:18, 42, 51, 8:46; 10:39
neoprene 8:19
nephrectomy 6:31
Neptune 5:14, 30; 6:10, 49; 8:42; 9:35; 10:7, 12, 19
neptunium 8:31
Nernst, Walther 7:7, 23, 27, 42, 8:49
nerve cells 9:6
nerve growth factor 8:42
nerves 5:23, 38, 6:7, 11, 14, 15, 34, 48; 7:19, 38
nerve structures 4:49
Neugebauer, Gerry 9:25
Neumann, Franz 6:10
Neumann, John von 8:15, 38, 45
neutrinos 8:9, 19, 47, 50; 9:12, 18
neutron 7:50; 8:7, 9, 22
neutron bomb 9:41
neutron number 6:32
neutron stars 9:25
Newbold, Charles 5:14, 16
Newcomen, Thomas 4:26, 44, *44–5*, 45, 46, 49*, 50, 5:51
newspapers, printed 2:34, 43; 3:31
Newton, Isaac 4:14, 15, 18, 19, 20–1, 23, *24*, 25, *28*, 29, 46, 47, 48, 49; 6:51; 8:*17*
newton (unit of force) 4:21
niacin (nicotinic acid) 7:38, 8:27
Nicholas of Cusa 3:26, 41, 50*
Nicholson, Philip 10:30
Nicholson, Seth 8:30, 9:6
Nicholson, William 5:18
nickel 4:38, 7:10
Nicolle, Charles-Jules 7:30
Nicomachus of Gerasa 2:20
Nicot, Jean 3:45, 5:23
nicotine 3:44; 5:23; 7:23
nicotinic acid (niacin) 7:38; 8:27
Niépce, Joseph 5:32, *32*, 34
Miyaoka, Yoichi 10:18
mobile (cellular) phones 9:41; 10:8, 9
Modjeski, Ralph 8:14
Mohenjo-Daro 1:50; 2:*18–19*
Mohs, Friedrich 5:30
Moissan, Henri 7:11, 49*
Moivre, Abraham de 4:27, 31
Moldelbe, Alois Negrelli von 6:30
molecular orbital theory 8:22
molecular weights 6:19
molecules 9:7, 48
Molina, Mario 9:30
molybdenum 4:51, 5:7, 9:16, 51
momentum, conservation of 4:14
Mond, Ludwig 7:10
Mondeville, Henri de 3:17
money 2:29, 40, 41, 43; 3:7
Monge, Gaspard 5:10, 36
Monier, Joseph 6:11
Moniz, António de Egas 8:15, 26
monoclonal antibodies 9:38
Monod, Jacques 9:18
Monopoly (game) 8:26
monorail systems 9:8
monotype machine 7:6
Montagnier, Luc 10:7, 47, 49*
Montagu, John, Earl of Sandwich 4:39
Montgolfier brothers 5:7, *7*, 49–50*
Moog, Robert 9:21, *21*
Moon 3:43, 6:6, 34, 36, 39; 9:13, 44–5
  distance to 2:15, 46, 49, 4:39
  eclipse of 3:50
  landings 9:27–32, *32*, 33, 42–3
  mascons 9:44
  navigational tables 4:37
  radar reflections 8:39
  space probes 9:15, 20, 26, 27, 32, 44–5; 10:20, 27, 35
moondials 3:36
Moore, Stanford 9:6
Moo-Young Han 9:24
Morgagni, Giovanni 4:39
Morgan, Augustus de 6:10
Morgan, Garrett 7:38
Morgan, William 9:6; 10:49*
Morgenstern, Oskar 8:38
Morley, Edward 7:7
morphine 8:10
Morrison, Charles 4:38
Morse, Samuel 5:42, *42–3*, 48, 50*; 6:7, *24*, 25
Morton, Thomas 7:6
Morton, William 6:7, *7*
Mosander, Carl 5:43; 6:7
Moseley, Henry 7:35
Mössbauer, Rudolf 9:13, 49*
motion, laws of 4:20, *20*
Motonori Matuyama 8:18
motorcycles 6:30; 7:6
Moulton, Alex 9:14
mouse lemurs 10:39
movies 6:48, 9:9
moxibustion 2:31
Mudge, Thomas 4:38, 42
Müller, Alex 10:13, 22, 46, 49–50*
Müller, Erwin 9:9
Müller, Hermann 8:14
Müller, Johann 4:37
Müller, Paul 8:31
Mullis, Kary 10:7, 50*
Mumford, E. R. 8:28
Münster, Sebastian 3:36
muon 8:9, 27
Murchison, Roderick
metal rolling 4:22
metals 1:38–9
metalworking 2:40, 3:17
Metchnikoff, Élie 6:42; 7:22
meteorites 1:38; 5:18, 23, 10:6, *18*, 19, 30, *30*, 38, 46
meteorology 2:10
meteors 5:*22*, 7:50
meteor showers 6:*23*, *26*, 27, 31
methanal (formaldehyde) 6:27
methane 1:41, 5:7, 48, 10:36
  liquid 9:15
methanoic (formic) acid 4:42, 51
methanol (methyl alcohol) 10:25
methyl isocyanate 10:12
metric system 4:49, 5:14; 6:26
metronome 5:26
Meyer, Viktor 6:31, 38, *42*, 43
mezzotint printing process 4:*7*, 26
Michaelis, Leonor 7:35
Michaux, Pierre 6:23, 30
Michelangelo 3:42
Michell, John 4:39, 5:7
Michelson, Albert 4:28, *28*; 6:43; 7:7, 8:49
Michener, Percy 9:21
micrometer eyepiece 4:7, 15
microorganisms 4:22
microphones 6:39, 46, 48
microprocessor chip 10:27
microprocessors, single chip 9:32
microscopes 4:49, 6:31
  atomic force 10:14, 21
  compound 3:42, 4:47–8
  electron 8:34, 51; 9:20
microscopes (cont.)
  field ion 9:9
  phase-contrast 8:22
  positron 10:15
  scanning tunneling 10:8, 46, 50
microwave ovens 8:39, 9:27
microwave radiation 8:39
Midgley, Thomas 8:7, 18
Miescher, Johann 6:30
Milemete, Walter de 3:20
milk, synthetic 10:15
Milky Way 7:10; 8:7, *7*, 10, 14, 46, 9:6, 38, 50, 10:49
Mill, Henry 4:27
millennium bug 10:35
Miller, Dayton 7:30
Miller, Jacques 9:19
Miller, Patrick 5:11
Miller, Phineas 5:51
Miller, Stanley 9:7
Miller, Wade 10:13
Miller, William 6:26
millet 1:18
Millikan, Robert 7:35, 39; 8:10, 49*
millrace 2:36
Mills, William 7:38
Milstein, Cesar 9:38
minerals 2:7
  catalog of 4:35
  formation of 3:37
  scale of hardness 5:30
mineral water, aerated 4:34
miner's safety lamp 5:26, 48, 50
mines (explosive devices) 5:47
Minot, George 8:10
mirrors 1:19, 35, 48, 49, 51; 2:17, *27*, 49; 4:25
mirror sextant 4:34
Mises, Richard von 8:15, 19
Mitchell, Peter 9:19
Mitchell, Reginald 8:27
mitosis 6:35, *35*

electric 6:43, *43*
elevated 6:34
Great Western Railway 6:46
gyrostabilized monorail 7:30
Japan 9:21
Liverpool & Manchester Railway 5:24, *24–5*, 34, 50
monorail 6:42, *42*
Philadelphia & Columbia 5:24
signals 6:6
South Carolina 5:24
Stockton & Darlington Railway 5:24, 31, *31*, 50
suspended monorail 7:22
Trans-Siberian 7:39; 10:20
turntable 4:38
Union Pacific 6:30
see also steam locomotives, subways, trains
Rainwater, James 9:6
Raleigh, Walter 3:44
Raman, Chandrasekhara 8:15
Ramapithecus 8:22
Ramelli, Agostino 3:26–7
Ramsay, William 7:14, *14*, 15, 18, 23, 51
Ramsden, Jesse 4:43
Randall, John 8:31, 33
Rankine, William 6:19
Ransome, Robert 5:10, 16
Raphus cucullatus 4:18
rare earth metals 7:46
rare gases 7:51
al-Rashid, Harun 2:40
Rathke, Martin 5:34
Ravenscroft, George 4:14
Ray, John 4:19, *19*, *22*, *22*
Rayet, Georges 6:27
rayon 7:11, 8:24, *24*
razor blades 7:15, *15*
reaction kinetics 9:50
Read, Albert 7:43
reapers 5:16–17, 38, 6:16
Reaumur, René Antoine Ferchault de 4:27, 31, 38
Reber, Grote 8:27, 34; 9:22, 23
Rebstock, Mildred 8:42
Recorde, Robert 3:10
record keeping 1:11, 50, 51
rectifiers 9:36
Rees, Martin 10:50*
refraction 4:15, 28, *29*
see also telescopes
refrigerators 6:35, 47, 49, 7:42; 10:34
Regiomontanus (Johann Müller) 3:26, 27, *27*, 28, 38, 50, 50–1*, 4:37
Regnault, Henri 6:6, 51
Reibel, Colonel 7:45
Reichstein, Tadeus 8:23
Reines, Frederick 9:12
Reinmuth, Karl 8:22, 30
Reitsch, Hanna 8:28
Reitsema, Harold 10:7
relativity 7:10, 26, *26*, 38, 47
remote-control systems 7:38
Remsen, Ira 6:38
Renaldini, Carlo 4:22
Renard, Charles 7:24
reserpine 9:6, 13, 51
resistance, electrical 6:7
respiration 5:6, 7
Restriction Fragment Length Polymorphism 10:41
retinoblastoma 10:13
retinol (vitamin A) 7:35; 8:19, 23
retroviruses 10:47, 49
reverse transcriptase 9:30
revolvers 5:39, 40–1, 47, 6:15, 17
Reynolds, Osborne 6:43
Rhazes (al-Rhazi) 2:38,
Pythagoras 1:34, 47; 2:6, 30, 38, 46, 50–1*

Q

quadrant 3:16, 47; 4:30, 36, *36*
quagga 6:42
quantum chromodynamics (QCD) 9:31
quantum electrodynamics 8:9, 35, 43
quantum Hall effect 10:6, 48
quantum mechanics 10:47
quantum theory 4:29; 7:19, 47, 50; 8:*15*
Quare, Daniel 3:23, 4:18, 22
quarks 9:18, *19*, 24, 48
quartz 1:12
quasars 9:18, *18*, 30; 10:50
quasicrystals 10:12
quaternions 6:7
Queen Elizabeth (steamship) 9:32
Queen Elizabeth 2 (steamship) 9:26
Queen Mary (steamship) 8:23
Queloz, Didier 10:25
Quick, Armand 8:22
Qui-Lim-Choo 10:19
quinine 4:6; 5:30; 6:51; 8:38; 9:51
quinoa (pigweed) 1:50

R

rabies 6:51; 7:6, 6
radar 7:43, 8:26, 30, 31, 32–3, 9:8
radiation 5:18; 7:19, 31
radio 7:12–13, 49
amplitude modulation 7:13, 26; 8:47
broadcasts 8:6, 7, 47
clockwork 10:21
crystal detectors 7:13, 22
digital FM 10:27
frequency modulation 7:13
heterodyne circuit 7:34
superheterodyne circuit 7:42
transistor 9:9
transmitters 7:43
transatlantic transmissions 7:22
radioactivity 7:14; 9:14, 15, 41
tracers 7:34
radiocarbon dating 8:38
radioimmunoassay (RIA) 9:6
radio interferometer 9:12, *22*, *22*, 38
radioisotopes 8:23, 10:13
radiolocator 7:43
radiotelegraphy 7:12
radiotelephony 7:12–13, *12*, 46
radio telescopes 8:27; 9:13, 22–3, 23, *23*, 33, 38
large arrays 10:7, *7*, 24, 38
radio valves, *see* vacuum tubes
radio waves 7:7, 12, 22, 48
from space 8:19, 38
radium 7:18
radon 7:19, 50, 51
Rahn, Johann 4:11
railcar, steam-powered 6:10
railroads 6:19, 25, 51
Baltimore & Ohio 5:24
beginning of 5:24–5, 50
Birmingham & London 5:50
Canadian Grand Trunk Pacific Railway 7:38
east–west trans-Australian 7:42
printing, development of 3:27, 28–9, 47
electrotyping 5:42
four-color 4:27
linotype 6:43
lithography 5:14, *15*
metal type 3:20, *20*, 26
mezzotint process 4:7, 26
movable type 3:6, *6*, 17, 26, *28*, 49
photogravure 7:15
stereotype 4:30
web-fed rotary press 6:26
wooden blocks 3:26, 28
printing presses 2:43, 3:27, 28, 31, 48, 49, 5:18, 23
print works 3:37
prions 10:7, 50
prisms 4:15, *15*
probability 4:11, 27, 5:23; 8:7, 15, 19
Proclus of Constantinople 2:29, 50*
Proconsul africanus 8:42
Proctor, Richard 6:34
progesterone 8:23
Prokhorov, Aleksandr 9:7, 28
promethium 8:42
propellers, screw 5:39, *39*; 6:50
proportions, theory of 3:20
propranolol 9:46
prostate gland 2:7, 49
protactinium isotope 7:35
Protarchaeopteryx 10:31
protein fibers 8:14
proteins 7:22, 27; 9:6, 7, 10, 50
protein sequencing machine 10:9
proton acceptor 8:10
proton linear accelerator 10:46
protons 8:8, 9:*19*
protoplasm 5:42
protozoa (protists, protozoans) 4:22; 6:10, *10*, 40
Proust, Joseph 5:14
Prout, William 5:26, 30
Prusiner, Stanley 10:7, 50*
prussic acid 4:42, 51
psychoanalysis 7:6, 48
psychology, physiological 6:34
Ptolemy 2:21, 29, 39, 40, 41, 49, 50, 50*, 51; 3:12, 26, 40, 50, 51
Ptolemy IV 2:15
Puckle, James 4:27; 7:44
pulleyblock-making machines 5:19
Pullman, George 6:19
pulmonary bypass 8:38
pulsars 9:24, 25, 46, 31, *31*
pulsejet engine 8:31
pumps 4:27
air/vacuum 4:11, 16–17, *17*, 23, 46
mercury vapor (diffusion) pump 4:16, 17
steam 4:22, 49, 50
punched cards 7:10; 8:44, *44*
Pupin, Michael 7:19
Purcell, Edward 8:39
Puricelli, Piero 8:11
purine 7:18
Purkinje, Jan 5:38, 42
Pylarini, Giacomo 4:*23*
pyramids
Egyptian 1:27, *27*, 32–3, 34, 48, 49
Mayan 2:35
Mesoamerican 2:12–13
pyrethrum 2:21
pyridine 6:42, *42*
pyridoxine 8:30
pyrimethamine 9:6, 47
plows 1:26, 28, *29*, 51
cast iron 5:14, 16, 27
steam 5:16
steel 5:42; 6:10
plowshares 1:35, 48; 5:10, 16
Plücker, Julius 6:18, 7:16
Plumier, Charles 4:23
Plunkett, Roy 8:30
Pluto 6:39; 7:14; 8:18, *18*, 50; 9:39; 10:18
plutonium 8:31; 9:*16*, 51
Po, Fernão do 3:27
Poehler, Theodore 10:34
Poincaré, Jules-Henri 7:15
Poiseuille, Jean Louis 5:27
Poisson, Siméon 5:22, 42
Polanyi, Michael 9:47, 50*
polarography 7:43
Polhem, Christoph 4:22, 34
poliomyelitis (polio) 8:43, 48; 9:6, 7, *7*, 13, *13*
polonium 7:18
Polyakov, Valeri 10:27, *27*
Polycrates 2:48
polyethene 8:27, 9:7
polyethylene terephthalate (PET) 9:38
polyethyne 9:38; 10:13, 18
polymer, biodegradable 10:18
polymerase chain reaction (PCR) 10:7, 41, *41*, 50
polymerization 7:19
polypeptides 7:22
polypropene 9:13
polyurethane plastics 8:34
polyvinyl chloride (PVC) 6:31; 8:19
Poncelet, Jean-Victor 6:12
Pomatoff, Alexander 9:14
Ponton d'Amécourt, Gustave de 8:28
Pope, William 7:19
Popov, Aleksandr 7:12, 49
porcelain 3:7, 31; 4:26
Porsche, Ferdinand 8:30, *30*
Porta, Giacomo della 3:42
Porter, George 8:43
positron 8:9, 14, 22
Post-it Notes 9:33
potassium hypochlorite 5:11
potatoes 1:26, 50; 3:37, 44–5
potter's wheel 1:20, *20*, 26, 50, 51
pottery 1:18, *18*, 26, 28, 3:7, 13
Powell, Cecil 8:42
Power, Henry 4:10
powerboats 10:20, 26
power plants 6:42, 48, 51; 7:51; 9:8, 9, 14, 15; 10:9, 21
Poynting, John 7:11; 8:46
praseodymium 7:6
Prather, Victor 9:20
Pratt, John 6:18
Praxagoras of Kos 2:7
Prescott, John 9:18
pressure cooker 4:18, 49–50
pressure gauge 5:9, 27
pressure in liquids 4:7, 50
pressure melting effect 6:22
pressurized water reactor 9:20
Prestel 9:41
Priestley, Joseph 4:42, *42*, 43, 48, 50*, 51; 5:6, 49
prime numbers 2:14, 48, 8:27; 10:7
printed circuits 8:35
printers 9:32, 33, 40, *40*
photosynthesis 8:38; 9:13, *13*, 47
photovoltaic cells 10:26–7, 27
phrenology 5:15, *15*
pianoforte 4:30, *30*
Piazzi, Giuseppe 5:18, 50
Picard, Jean 4:15
Piccard, August 8:43
Piccard, Bertrand 10:35
Piccard, Jacques 9:20
Pickard, Greenleaf 7:13, 22
Pickering, Edward 7:11, 32
Pickering, William 7:19
Pictet, Amé 7:23
Pierce, John 9:48
piezoelectric effect 6:39
Piggott, Edward 5:10
pigs, domestication 1:11, 22, 23
Pilâtre de Rozier, Jean-François 5:7, 49
Pilcher, Percy 7:28
Pilkington, Lionel 9:14
Pinchbeck, Christopher 4:30
Pinzon, Vincente 3:31
pion 8:42
Pira, Raffaelle 7:36
Pirquet, Clemens von 7:26
pistols 3:31; 5:40, 47, 7:18; 10:15
Pitman, Isaac 5:39, *39*
Pitot, Henri 4:31
Pizarro, Francisco 3:36
plague 3:20, *20*, 21
Planck, Max 4:29; 7:19, 46, 47, 50*; 8:49, 10:48
planetoids 10:39
planets 3:40, 50, 51, 6:11; 10:39
atmospheres 8:26
catalogs 1:34
extrasolar 10:25
motion 2:30; 3:*42*, 43, 4:6
orbits 3:7, 48, 51, 4:14, 43, 46, 47, 48, 5:22, 31
retrograde motion 2:46
space probes 34–5
see also Earth; Moon, *and individual planets*
Planté, Gaston 6:19; 7:9
Plantin, Christophe 3:37
plants 2:51; 3:21, 44, 4:22, *22*, 23, *23*, 43; 5:34, 6:6, 7
central nucleus 5:38, *38*
chloroplasts 6:26
classification 2:7; 3:42, 4:34, *34*, 49, 5:42
domestication 1:17
gas exchange in 7:15
haploid/diploid 7:14
medicinal use 2:48, 3:21; 7:36
mutations 7:7
nitrogen 5:39; 6:6
photosynthesis 5:7, *27*, 43, 6:23
physiology 4:30
sap circulation 6:11
species 4:19, *19*
taxonomy 5:23
Plaskett, John 8:7
plasmids 9:6, 11
Plasmodium 6:41
plaster casts 6:15
plaster of Paris 2:39, 40
plastics 5:38; 6:31; 8:34, 35
biodegradable 10:18
plastic surgery 5:26
Plateau, Joseph 5:38
platelets (thrombocytes) 6:34
platinum 4:34
Plato 2:7, *7*, 10, *10–11*, 48, 50*, 50, 51
Playfair, John 2:29, 50
Plimsoll line 6:34
Pliny the Elder 2:20, 50*
Pliny the Younger 2:20, 50; 3:18
pencils 3:30; 5:14
pendulum clocks 4:7, 11, 12–13, 48
pendulums 3:42, 4:8, *12*; 6:14
gridiron 4:12, 30
mercury pendulum 4:12, 30
penicillin 8:15, 20–1, 31, 39, 48; 9:48
pens 5:46; 8:30; 9:20
Penzias, Arno 8:48, 9:19, *19*
pepsin 8:19
Pequet, Jean 4:10
percussion caps 5:19, 40, 47
percussion (diagnostic) 4:38
Peregrinus, Petrus 3:16, 19
Perestrello, Rafael 3:*39*
Perey, Marguerite 16; 8:30, 50*
perfume 1:35
Pericles 2:46
Pérignon, Dom Pierre 4:14, *15*
periodic table 6:32–3
period-luminosity law 7:34
periscope 6:29
Perkin, William 6:18, 51*
Perl, Martin 38
permutations 3:17
pernicious anemia 6:18
Perrelet, Abraham-Louis 4:43
Perrier, Carlo 8:27, 9:16, 51
Perrier, Jacques 6:8
Perrin, Francis 8:40
Perrin, Jean 7:14, 16, 30
Perrine, Charles 7:23
Perrine, Susan 10:24
Perronet, Jean 4:43
personal computers 9:40, *40–1*, 41; 10:8, 9, *9*, 10–11, 47, 51
personality 8:31
perspective 3:26; 4:27, *27*
Perthes, Georg 7:22
Perutz, Max 9:7, 13, 48, 50*
Pescara, Raul Pateras 8:*28*
pesticides 9:19, 38, *38*; 10:12
Petit, Alexis 5:27
petroleum 2:34
petroleum jelly (Vaseline) 6:31
Peuerbach, Georg von 3:26, 50*, 51
Pfister, Albrecht 3:27
Pfolspeundt, Heinrich von 3:26
pH 7:31
phagocytosis 6:42, *42*
phenacetin 7:36
phenol (carbolic acid) 6:27, 49
phenolphthalein 6:31
Phidias 2:8
Phillips, Leslie 9:21
Philo of Byzantium 2:14
phlogiston 4:15, 22, 48–9, 50, 51
Phoenicians 1:50–1*
phonocardiograph 10:19
phonograph 6:38, *38*, 48
phosphorus 4:15, 48
photocell 10:21
photocell scanner 7:22
photocopying 8:27, *27*, 46
photoelectric cells 7:14
photoelectric effect 7:23, 26, 39, 47, 50, 8:47
photography 5:32–3, 34, 43
calotype process 5:39
in deep water 10:14
instant color 9:19
photo CD disk 10:21
photometer 6:47
photons 8:14, 47
photophone 6:46

40, 51*
rhenium 8:11
Rheticus 3:36, 40
Rhind, Alexander Henry 1:35
rhinoplasty 3:42, *42*; 5:26
rhodopsin 8:23
riboflavin 8:23, 26
ribonucleic acid (RNA) 6:39; 7:18, 31; 9:12, 18
ribose 7:31
ribosomes 9:12
Riccioli, Giovanni 4:10
rice cultivation 1:11, 16, 17, 2:18–19
Rich, Arthur 10:15
Richard I 3:14
Richard of Wallingford 3:20, 51*
Richards, Paul 10:25
Richardson, Owen 7:34
Richet, Charles 7:22
Richter, Burton 9:31
Richter, Charles 8:26, *26*
rickets 4:10; 8:7
Ricketts, Howard 7:30
Ride, Sally 10:9, 16
Ridley, Harold 9:8
Riemann, Bernhard 6:15
Rife, Royal Raymond 8:23
rifles 3:25, 6:26, 7:45, 8:23, 42
Righi, Augusto 6:39
Rillieux, Norbert 6:7
ring compounds 7:38
ring pull cans 9:20
Rinio, Benedetto 3:21
Ripley, Eleazer 7:44
Rittenhouse, David 4:43
Ritter, Johann 5:18
Ritty, James 6:39
RNA *see* ribonucleic acid
roads 2:15, 4:*27*, 39, 5:26
Roman 2:7, 15, 22–3
Robbins, Frederick 8:43
Robert of Chester 3:7, 10
Roberts, Edward 9:40
Roberts, Richard 5:27, 9:38
Robinson, Robert 8:10, 39
Robiquet, Pierre 5:19, 38
robots 9:20, 27; 10:14, 26
Rochas, Alphonse Beau de 6:44, 46
Roche, Edouard 6:11
rock drill, pneumatic 6:31
rockets 3:7, *7*, 17, 20, 8:16–17, 36–7, 48, 9:8, 9; 10:14, 27
electronic control 7:42
ion propulsion 10:35
launchers 8:16, *17*; 10:27
liquid fuel 8:14, *14*, *16*, 17, 34, 48
motors 8:*17*, 9:14
propulsion 7:23
solid-fuel 5:19, 8:16
V-2 8:17, 34, 35, 36, *36–7*, 38, 43, 9:8
rocking chair 4:*40*
rocks 5:6, 10, *11*, 38, 39
Roebling, John 6:6
Roebuck, John 4:35; 5:8
Roger of Salerno 3:12
Rogers, Alan 9:38
Rogers, Calbraith 7:34
Rogers, Howard 9:19
Roget, Peter 5:*27*
Rohrer, Heinrich 10:8, 46, 50*
Roland, Georges 9:13
Romanenko, Yuri 10:15
Rømer, Ole 4:18, 28, 46
Ronalds, Francis 6:24
Röntgen, Wilhelm 7:14, *14*
Roosevelt, Franklin D 8:30, *31*
Roosevelt, Theodore 7:40
Rorschach, Hermann 8:6, *6*
Rose, William 8:26
Ross, James 5:38
Ross, Malcolm 9:20
Ross, Ronald 7:18
Rossi, Bruno 8:18, 19; 9:19; 10:50–1*
rotary disk cutter 3:12
rotary engines 8:18, *18*
Rotheim, Erik 8:14
roulette wheel 4:10, 50
Rous, Francis 7:31
Roux, Émile 7:10
Roux, Joseph 3:*19*
Rowland, F. Sherwood 9:30
Rowland, Henry 7:6
Royal Institution 5:15, *15*, 51
lectures 5:36, *36–7*, 48
Royal Society, London 3:46
rubber, synthetic 7:11, 8:22
Rubbia, Carlo 10:7, 51*
rubella vaccine 9:19
rubidium 6:22, 47
Rubin, Vera 9:38; 10:51*
Rubner, Max 6:43
Rudbeck, Olof 4:10
rudders 1:36, 46; 3:12
Rudolf, Christoff 3:36
Rudolphine Tables 4:6, 48
Rue, Warren de la 6:22
Rumely, Robert 10:7
Rumsey, James 6:8
Rush, Benjamin 5:7
Russell, Bertrand 7:22
Russell, Dale 10:38
Russell, Henry 7:32–3, 8:15
Russell, John 6:22
Rutan, Dick 10:15
ruthenium 5:35
Rutherford, Daniel 4:43
Rutherford, Ernest 7:14, *15*, 17, 27, 31, 43, 46, 50*; 8:7, 8
Ruzicka, Leopold 7:38
rye 1:10
Ryle, Martin 9:12, 22

S

Sabin, Albert 9:13, *13*
Sabine, Edward 6:15
saccharin 6:38
Sachs, Julius von 6:22, 23, 26
Sacrobosco, Johannes de 3:13, 40, 51*
Saha, Meghnad 8:6
sailing ships 3:34–5
sails 1:36, 46, 2:20; 3:21, 26, 34, 38
St. Peter's Basilica 3:42, 4:6
Sakel, Manfred 8:18
Salam, Abdus 9:25
salicin 7:36
salicylic acid (aspirin) 6:19; 7:36, *36*, 37
Salk, Jonas 9:6, 7, *7*
Salmonella bacteria 6:*41*
saltpeter 3:17
samarium 6:39
Sanctorius 3:43
Sandage, Allan 9:18
sandwich 4:39
Sanger, Frederick 9:12, 39, 50*
Sanger, Margaret 7:42
Santos-Dumont, Alberto 7:24, *24*, 29
Sargon I 1:35, 51
Sasaki, Akio 10:9
satellites, artificial 9:9, 14, *14*, 15, 20; 10:35, 43
astrometry 10:18
communications satellites 9:20, 21, 26, 48
in Earth orbit 9:27, *32*, 40, 41; 10:19, 21, 26, 34, 35, 42, 43
Infrared Astronomical Satellite (IRAS) 10:9
resources satellite 9:33
Rontgen (ROSAT) 10:19
solar X-rays 10:21
Saturn
moons 4:11, 15, 19, 48; 5:11, 49, 6:11, 49, 7:19; 9:24, 39, 10:6, 7, 19, 39, 43
rings 4:*10–11*, 11, 18, 24, 46, 48; 5:43; 6:14, 18, 49; 7:15; 10:6, 12
space probes 9:35, *35*, 41, 10:6, 7, 8, 19, 43
Sauerbronn, Karl Drais von 5:*27*
Saussure, Horace de 5:6
Saussure, Nicolas de 5:23
Sauvage, Nicolas 4:7
Savery, Thomas 4:22, *26*, 44, *44*, 45, 49, 50*
Savitskaya, Svetlana 10:9, 14
sawmills, water-powered 2:28
saws, flint 1:19, *19*
Sax, Adolphe 6:10
saxophone 6:10
scandium 6:32
Schawlow, Arthur 9:28
Scheele, Karl 4:42, 50, 50–1*; 5:6, 7, 32
Scheiner, Christopher 3:43, *43*; 4:24
Scherrer, Paul 7:38
Schiaparelli, Giovanni 6:*26*, 27, 36, 37, 38, 7:10, 50*
Schick, Béla 7:35
Schick, Jacob 8:15, *15*
Schickard, Wilhelm 3:43
Schiff, Moritz 6:42
Schilling, Pavel 6:25
Schimper, Andreas 6:39
schizophrenia 8:18, 27
Schmidt, Johann 6:36, 38, 9:44
Schmidt, Maarten 9:18
Schmidt, Paul 8:31
Schmidt, Wilhelm 7:18
Schneider, Joseph 6:26
Schoenheimer, Rudolf 8:26
Schöffer, Peter 3:27, 28, 48, 49
Schonbein, Christian 6:6, 10
Schöner, Johannes 3:31
Schrieffer, John 9:46
Schrödinger, Erwin 8:14, 47, 50*
Schultze, Max 6:22, *27*
Schulze, Johann 4:30; 5:32
Schutz, Wilheim 6:40
Schwabe, Heinrich 6:*7*
Schwann, Theodor 5:43
Schwartz, David 7:24
Schwarz, Berthold 3:*25*
Schwarzschild, Karl 7:42
Schwassmann, Arnold 8:14
Schwinger, Julian 8:43
Scot, Michael 3:12, 46, 51*
Scott, David 9:*32*
screw-cutting machine 3:*32*
screw press 2:15; 3:28
screw pumps 2:14, 16, *16*; 3:50
screw threads 6:6, 23
Scribonius Largus 2:20
scuba 8:35
sculptures 1:26, 40
scurvy 4:35
Seaborg, Glenn 8:31, 39, 43, 9:6, *16*, 17, 50–1*
searchlights 7:39, *39*
Searson, Peter 10:34
seawater, heating 2:14
Secchi, Angelo 6:23
secretin 7:22
Sedgwick, Adam 5:38
seed drills 1:40; 2:20; 4:23, *23*; 5:16
Segner, Johann 4:38
Segrè, Emilio 8:*27*, 31, 9:12, 16, 51*
Seibert, Florence 8:30
seismographs 2:*20*, 21, 30; 6:18, *18*; 7:26
Seki, Kowa 4:19
Seki Tsutomu 9:24
Sela, Michael 10:7
selenium 5:27, 46; 10:13
Selfridge, Lieutenant Thomas 7:51
Sellers, William 6:23
Semenov, Nikolai 8:15
Semi-Automatic Ground Environment system 9:8
semiconductors 9:14, 32, 36–7, 47, 51; 10:*26*
Semiramis 1:35
Semon, Waldo 8:19
Senefelder, Aloys 5:14
Sennacherib 2:6, 51*
Senning, Åke 9:15
Sequeira, Lopez de 3:*39*
sequoia 6:15
Sergius Orata, Gaius 2:14
set squares 1:27
Setter, Karl 10:6
sewing machines 5:35, *35*; 6:10, *10*, 14
sewing needles 1:*10*, 11
sextants 3:*37*, 51, 4:34, 36, *36*, 37
Seyfert, Carl 8:35
shadufs 1:35, *35*, 49
Shanks, William 6:34
Shannon, Claude 8:42
Shapiro, Irwin 9:30
Sharman, Helen 10:21
Sharp, Abraham 4:26
Sharp, Phillip 9:38
Sharpey-Schafer, Edward 7:14
shavers, electric 8:15, *15*
Shaw, Louis 8:15
Shaw, Percy 8:23
Shay, Ephraim 6:38
Shechtman, Dany 10:12
sheep, domestication 1:10, 22, 23, 50
Sheffield plate 4:34
Shelford, Victor 8:30
Shelton, Ian 10:13
Shen Kua 3:6, 18
Shepard, Alan 9:20
Sherrington, Charles 7:19
Shiga, Kiyoshi 6:40; 7:18
Shih Tsung 2:41
ships 1:46, 48, 3:34, *34*; 4:50
Atlantic crossings 5:43
automatic pilot 7:34
diesel-engined 7:27
Liberty ships 8:31, *31*
nuclear-powered 9:14, 15, 27
propeller-driven 6:10
wind-assisted commercial vessels 10:8
see also boats, warships
ship's log 3:37
Shockley, William 8:42, 9:8, 36, 46, 47, 51*
Shoemaker, Carolyn 10:24
Short, James 4:25
shorthand 3:42; 5:39, *39*
Showalter, Mark 10:19
shrapnel 3:12, 24
Shrapnel, Henry 5:19
Shreve, Henry 6:9
Shumway, Norman 9:25
sickle-cell anaemia 10:24
sickles 1:*28*
Sidgwick, Nevil 8:14
Siebe, Augustus 5:27
Siebold, Karl 6:10
Siegbahn, Karl 8:11
Siegen, Ludwig von 4:7
Siemens, Werner von 6:42
Siemens, William 6:26
sighting rod 3:7
Sikorsky, Igor 7:35; 8:28, *29*, 38
silicon 5:31, 46; 9:36, 51
silicon chips 8:45, 9:20, 10:9
silicon dioxide aerogel 10:18
silicone plastics 8:35
silicon solar cells 9:9
silk industry 3:17
Silk Road 2:35; 3:38
silos 7:10
silver 1:38; 3:26
silver salts 4:30, 51
silver sulfide 3:26
Simon, Gustav 6:31
Simon, Theodore 7:26
Simond, Paul-Louis 7:19
Simpson, Thomas 4:35
Simpson, James 6:7, 11, 7:36
sinan 2:20, 30
Sinclair, Clive 10:8, 10, 51*
Singer, Isaac 6:14
Sinjou, Joop 9:41
Sinsheimer, Robert 10:12
Sivapithecus 10:7
skin, artificial 10:18
skin disorders 7:18
Skinner, B. F. 8:23
skis 1:18
skydiving 10:*42*
skyscrapers 7:6, *6*
slag 1:38, 49
sleds, wooden 1:18
sleeping pills 7:*22*
sleeping sickness 6:40, 7:14, 42
slide rules 3:11, 43, 50; 5:27, *27*
slingshot 2:27
Slipher, Vesto 7:34, 8:6, 6, 49
Slocum, Joshua 7:18
Smalley, Richard 10:12
smallpox 2:39, 40, 51, 3:30; 4:23, 30; 9:39
Smeaton, John 4:38, 42, 51*
smelting 4:26, 31, 32–3, 46
Smith, Brad 10:6
Smith, Edwin 1:49
Smith, George 9:27
Smith, Horace 5:41, 6:15
Smith, J. L. B. 8:30
Smith, Lowell 8:11
Smith, Theobald 7:10
Smith, William 5:26, 28
Smithson, James 6:10
Smithsonian Institution 6:10
smoking 3:44–5; 9:6
Snell, Willebrord 4:28, 29, *29*
Snow, John 6:15
snow scooter 9:14
snowshoes 1:*27*
soap 1:27, 51
Sobrero, Ascanio 6:11
Socrates 2:50
soda (sodium carbonate) 5:11; 6:23
soda water (club soda) 4:34, 50; 5:46
Soddy, Frederick 7:35, 50
sodium silicate 4:7
sodium thiosulfate 5:27, *32*
solar atmosphere, elements in 8:15
solar cells 10:6, *26*, 34
solar flares 6:19, *19*, 9:13
solar-powered aircraft 10:8, 9, 35
solar system 2:46, 7:43, 8:38
clockwork orrery 4:27, *27*
Earth-centered 3:46, 50
nebular hypothesis 5:14
photographs of 10:20
size of 4:46
Sun-centered 2:46
solar wind 9:*12*, 13, 20, 10:30, 34, 42
solar X-ray satellites 10:21
solar year, length of 3:21
Solvay, Ernest 6:23
somatotropin 8:38; 10:6
Somerville, Mary 5:35
Sommerfeld, Arnold 7:38, 46
Sömmering, Samuel von 5:*22*; 6:24
sonar 7:39
Song, Xiaodong 10:25
Soranus of Ephesus 2:21
Sörensen, Sören 7:31
Soubeiran, Eugène 5:38
sound 4:11
speed of 5:34, 6:27; 7:7
waves 6:38, *38*
sound recording 7:30; 8:23
Southern blotting 10:41
south pointers 3:18, *18*
soybeans 1:40; 10:15
space
no-boundary proposal 10:48
radio sources 9:6, 12, 22, 30
spaceflights 8:36; 9:20, *21*, 26
commercial 10:43, *43*
space probes 9:34–5, 10:9, 35
see also asteroids, comets, Moon
space shuttles 10:16–17, 20, *20*
Atlantis 10:14, 16, 19, 27, 34
Challenger 10:9, 14, 16, *16*
Columbia 10:8, 8, 9, 16, 17, 28, 35, 42
Discovery 10:16, 17, 20, 28, 31, *31*, 43
Endeavour 10:17, 26, 28, 35
Enterprise 10:9, 16
space stations 9:33, 41; 10:8, 14, 15, *15*, 17, 27, *27*, 35, 42, 43
Spallanzani, Lazzaro 4:42, 5:7
spark plugs 6:42
spears 1:10, 2:6
spear-throwers 1:11
spectra 6:47, 7:35
analysis of 6:22, *22*
atomic 6:15
solar 5:18, 26, 7:6
of stars 6:31; 7:32
spectrograph 7:17
spectroscope 5:26; 7:42
speculum 4:25
speedboats 7:27; 10:15, 46
Spemann, Hans 10:32
Spence, Peter 6:10
Spencer, Percy 8:39
spermatozoa (sperm) 4:18, 6:6
Sperry, Elmer 7:30, 34, 39, *39*
spinning 1:*19*, 41
spinning frame 4:42
spinning jenny 4:39, *39*; 5:12, *12*
spinning machine, water-powered 4:34
spinning mule 5:6, 12
spinning wheel 1:21, 47, 3:6, 5:12, *12*
spirit level 4:14
spontaneous generation 6:50
Spörer, Gustav 6:19
Sprague, Frank 6:43, *43*
Sprengel, Hermann 4:16, 17
Sputnik 9:9, 14, *14*, 15,

8:18, *18*, 50*
tombs 2:8–9, 21
Tomonaga, Sin-Itiro 8:35
Tompion, Thomas
4:18, *18*
tools, stone 1:10, *10*,
12–13, *13*
topology 4:*38*, 7:15
top quark 10:25
torpedo, self-propelled
6:26, *26–7*, 29
torpedo tube 6:29
torque 8:28, *29*
torr 4:51
Torres, Luis de 3:45
Torricelli, Evangelista
4:10, 16–17, 51*
torsion balance 5:6, *6*, 47
Toshi Tada Do 9:41
Tour, Charles Cagnard
de la 5:43
Townes, Charles H.
9:7, 28
toxicology 5:26
tracheostomy 4:31
tractors 5:16, 47
traffic lights 7:38
trains
high-speed, France 10:8
maglev 10:23, *23*
see also railroads
Trajan 2:23
transfer RNA (tRNA)
9:12
transformers 7:6, *7*, 51
Trans-Iron Galactic
Element Recorder 10:38
transistor diode 7:47
transistors 8:42, *43*, 45,
9:9, 14, 21, 46, 51; 10:9,
10, 26
junction 9:8, 36, *37*, 51
light-emitting (LETs)
10:43
point-contact 9:36, 46,
47, 51
transplants 9:12; 10:13,
19, 24
transposons 9:6, 49
transputers 10:15
traveling wave amplifier
8:39
traveling-wave tube 9:48
Travers, Morris 7:18
treadmills 3:*13*
trebuchet 2:27
trench mortar 4:14
trepanning 1:30, *30*,
10:31
Trésaguet, Pierre 4:39
Trevithick, Richard
4:44–5, 45, 46, 49; 5:18,
24, *24*, *25*, 51*; 7:20
triangulation 3:36
Trichina parasite 5:39
trigonometry 2:34, 41,
47, 3:27, 50, 51
tables 2:29; 3:36, 47, 51
trimethoprim 9:47
triodes 9:36
triphenylmethyl 7:19
triremes 1:36
Trithemius, Johannes
3:30
tritium 8:22; 10:46
trolleycars, electric
6:42; 7:*7*
Tropsch, Hans 8:11
Trotula of Salerno
3:6, 51*
trucks, diesel-engined
8:10
tryparsamide 7:42
Ts'ai Lun 2:21, 30, 42
Tschermak-Seysenegg,
Erich von 6:21
Tseng Kung Liang 3:6, 24
Tsiolkovsky, Konstantin
7:23; 8:17
Tsu Ch'ung Chi 2:29
Tsvett, Mikhail 7:27
tuberculosis 6:26, 40, 42,
49; 7:18, 8:*21*, 30, 39
tugboats, steam 6:8
test-tube baby 9:25,
25, 39
tetanus 7:10
tetraethyl lead 8:7
textile machinery 4:43,
5:12–13
Thaddeus of Florence
2:20
Thagard, Norman 10:27
Thales of Miletus 2:46,
51*
thallium 6:32, 47
Theiler, Max 8:18
Thenard, Louis 5:27
theodolite 3:37
Theodoric of Freibourg
3:17
Theodosius I 2:9
Theophrastus of Eresus
2:7, 51*
Theorell, Axel 8:22
thermionic emission 7:34
thermodynamics 5:31;
6:14, 27, 51; 7:27
thermometers 3:42, 4:11,
22, 26, 27, 31
thermonuclear reactions
10:*19*
Thermos flask 7:11, 47
thermostat, bimetallic
strip 5:35
Thévenot, Jean de 4:14
Thevet, André 3:37
thiamine (vitamin B_1)
7:15, 34; 8:23, 27
Thiel, Ferdinand 10:6
Thimonnier, Barthelemy
5:33
thiophene 6:*42*, 43
Thiout, Antoine 4:30
tholos 2:*8*
Thom, René 9:30
Thomas, Edward 9:12
Thomas, Sidney 6:39
Thompson, Benjamin
5:15, 48, 50–1*, 51
Thompson, John 7:45,
8:6, *6*
Thomson, Elihu 7:43
Thomson, James 6:12
Thomson, J. J. 6:43, 47,
7:16–17, *16*, 18, *18*, 23,
23, 50; 8:46
Thomson, Robert 6:10
**Thomson, William, Lord
Kelvin** 6:*10*, 11, 15, 18,
47, 49, 51*
thoracic duct 4:10
thorium 5:33, 46, 7:46, 50
Thorpe, John 5:12
Thorvaldson, Erik
2:41, 44
threonine 8:26
threshing machine
5:11, 16
thulium 6:39
thylacine 8:23, 26
thyroid gland 6:42
thyroxine 7:38
ticker-tape machines
6:31, 48
Tiemann, Ferdinand 6:35
Tikal 2:12–13, *12–13*
Tilden, William 7:11
tin 1:34, 38
Ting, Samuel 9:31
tires 6:10; 7:*7*, *21*; 9:9
Tiselius, Arne 8:19
tissue cultures 7:27, 31
tissues, disposable 8:11
Titanic (steamship) 7:34,
10:14
titanium 5:11
Titius, Johann 4:43
tobacco 3:30, 37, 44–5
advertising 10:31
smoking 3:44–5; 9:6
tobacco mosaic virus
6:41; 7:18, 8:26
tocopherol 8:7
Todd, Alexander 8:42
toilet, flushing 3:42;
5:6, 46
Tombaugh, Clyde 7:14,
5:32–3, *33*, 39
tallow 1:10
tally stick 1:11, 24
tanks (military vehicles)
7:38
Tartaglia, Niccolò 3:36
tartaric acid 4:42, 51
tartrate crystals 6:50
Tasmanian wolf 8:23, 26
Tatum, Edward 8:34
tau particle 9:38
Taussig, Helen 8:38
taxol 10:24
taxonomy 4:49
Taylor, Brook 4:26, 27
Taylor, Frederick 7:19
Taylor, Geoffrey 8:23
Taylor, Joseph 9:31
Taylor, Roy 10:18
Teal, Gordon 9:9
tea plants 2:29
Tebbutt, John 6:22
technetium 8:27, 9:51
teeth, false 1:41; 6:15
Teflon 8:30
Teisserenc de Bort, Léon
7:23
telegraph 4:38, 39; 5:11,
38, 50; 6:7, 46, 48
electric 6:24–5
electrolytic 5:22
needle telegraph 5:38,
42, *42*, 50; 6:25
printing 6:*24*, 25
submarine cables 5:47;
6:18, 46, 51
telegraph code 6:34
telegraph line 6:22
telephone exchange,
automatic 7:10
telephone lines 7:11, 19
telephones 6:34, *34*,
46, 7:26
cellular 9:41, 10:*8*, 9
telescopes 3:50; 4:7, 8,
9, 11, 15, 21, 24–5; 5:43,
49; 10:24
100-inch 7:*42*
aerial 4:24
astronomical 4:24, 43
Cambridge Optical
Aperture Synthesis
Telescope 10:25
Cassegrain 4:*25*
in Earth orbit 10:19,
21, 28
Galilean 4:*25*
Gregorian 4:47
mirrors 6:18, 49
Newtonian 4:25
reflecting 4:14, 21, 24,
24, 25, *25*, 30, 43, 47,
8:34, *34*, 9:30; 10:13, 25,
38
refracting 3:43, 4:24,
25, 25, 48, 7:6, 18
Vatican Advanced
Technology Telescope
10:24
see also Hubble Space
Telescope, lenses,
observatories; radio
telescopes
teletext 9:33
television 8:12–13, 31
cameras 8:10, 11,
12–13, 14
color 8:13
flat-screen 9:41
sets 10:14
Telford, Thomas 5:20
Teller, Edward 8:27
Temin, Howard 9:30
temperature scales 4:26,
31, 35; 6:11, 51
temples, Greek 2:8–9
Tennant, Charles 5:15
Teotihuacan 2:13, *13*
terbium 5:14; 6:7
Tereshkova, Valentina
9:20; 10:9
Terrile, Richard 10:6
Terylene 8:24, *25*, 34
Tesla, Nikola 7:51*
5:10, 36
sulfuric acid 3:17, 48,
4:35
Sulston, John 10:31, 40–1
Sumerians 1:50, 51*
Sumio Iijina 10:19
Sumner, James 8:14
Sun 2:39, 6:10; 8:33
composition of 2:6
distance to 2:46; 4:46;
8:34
eclipse of 1:40, 47; 2:6,
24; 6:22, 27, 30
magnetic field 7:30;
8:42
radar contact with 9:13
radiation measurement
6:42
solar constant 6:35
spectrum 5:18, 26; 7:6
temperature 6:30
sundials 2:6, 46; 3:22, 36
sunspots 2:15, 20, 40;
3:43, 48; 4:8, 6:6, 7, 11,
15, 19; 7:14, 8:26, 35, 39
magnetic fields 7:30, 43
superatoms 10:25
superconductivity 7:34;
8:23, *26*, 9:46
superconductors 9:25;
10:22–3, 24, 46
high-temperature
10:13, 46, 49–50
superglue 9:8
superluminal sources
9:30
supernovas 2:21, 29; 3:6,
7, 12, 37, 43, 47; 7:6; 9:7,
10:13
supersolids 10:39
surface-to-air missile 9:9
surface-to-surface missile
9:8
surgery 1:*27*, *47*, 3:36
heart 7:14, 39; 9:7, 8,
24, 46
via "telepresence"
10:38
surveying instruments
4:30
Sus scrofa 4:19
Su Sung 3:6
Sutherland, Joe 9:26
sutures 6:49; 7:22, 10:18
Sveda, Michael 8:*27*
Svedberg, Theodor 8:11
Swammerdam, Jan 4:10,
14, 15
Swan, Joseph 6:38, *38*,
48, 8:24
sweat glands 5:38
Swedenborg, Emanuel
4:31
Swift, Lewis 6:23
Swinton, Ernest 7:38
swords, bronze 1:*38–9*
Sydenham, Thomas
4:14, 18
Sylvester, James 6:30
Sylvius, Franciscus 4:*7*
Symington, William 5:11,
19; 6:8
symmetry 7:42
synapse 7:19
synchrocyclotron 8:38
synchrotron 10:6, 51
Synge, Richard 8:38
syphilis 3:36, 48; 7:26, 31,
37, *37*, 42; 8:47
Syracuse 2:16–17, *17*, *27*
syringes 4:26
Szent-Gyorgyi, Albert
8:22
Szilard, Leo 8:40

T

al-Tabari, Sahl 2:39
Tacke, Ida 8:11
Taejong 3:20, 28
Taft, William Howard
7:40
Tagliacozzi, Gaspare
3:42, *42*
Talbot, William Fox
stellar parallax 3:51
stem cells 10:31, 39
Stephenson, George
5:24, 26, 31, *31*, 34,
48, 50*
Stephenson, Robert 5:24,
31, 50; 6:14
Steptoe, Patrick 9:25
stereoscope 5:38, *38*
sterilization 1:41
steroids 7:34
stethoscope 5:27
Stevens, John 5:22; 6:9
Stevens, Nettie 7:26
Stevin, Simon (Stevinus)
3:11, 42, 43, 51*
Stibitz, George 8:27
Still, Andrew 6:34
Stirling, Robert 5:26
stirrups 2:28, *28*, 35
Stock, Alfred 7:31
stocking frame 4:38
Stokes, George 6:15
Stone, Edward 7:36
Stonehenge 1:26, *34*,
35, 40
Stoney, George 6:31, 35,
7:11, 17
Stopes, Marie 7:42, *42*
stoves 4:34, *40*; 8:7
Strasburger, Eduard 6:35,
35, 7:14
Strassmann, Fritz 8:30, 40
Strauss, Joseph 8:27
street lighting 2:28
Streptococcus bacterium
6:39
streptomycin 8:*21*, 34,
38, 42
Stringfellow, John 6:10,
11, 27; 7:29
stroboscope 5:38
Strohmeyer, Friedrich
5:27
Strömgren, Bengt 8:31
strontium 5:14
Stroustrup, Bjarne 10:15
Strowger, Almon 7:10,
26, *26*
Strutt, Jedediah 4:38
**Strutt, John, Lord
Rayleigh** 6:38, 7:14,
16, 51*
Struve, Otto 8:30
Struve, Wilhelm 7:50
strychnine 5:27; 8:39;
9:51
Stuart, Herbert 6:44; 7:10
Stumpe, William 3:*37*
Sturgeon, William
5:31, 42
Sturm, Jacques 5:34
Sturtevant, Alfred 7:34;
10:40
subatomic particles
8:8–9; 9:48; 10:51
submachine guns 8:6
submarines 5:6, 48; 6:23,
28–9, 7:19; 8:18; 10:42
human-powered 3:42
nuclear-powered 9:9,
20
sonic detection 7:50
submarine telegraph
cables, transatlantic 6:18,
46, 51
substances, classification
2:39, 51
subways
London Underground
6:23, *23*
New York 7:23
Paris Métro 7:18; 10:35
al-Sufi, 'Abd al-Rahman
2:41, 51*
sugar, fermentation 7:15
sugar beet 4:35
sugarcane 1:11
sugars, test for 6:6
Suger, Abbé 3:7
sulfanilamide 8:*22*
sulfapyridine 8:30
sulfur 2:6, 38, 51, 4:48
sulfur dioxide 4:50;
20, 22
Stahl, Franklin 9:12
Stahl, Georg 4:22, 51*
Stanhope, Charles 5:18
Stanley, Wendell 8:26
Stanley, William 7:6
Stanley brothers 7:21
stannite 1:38
starch 6:23, 39
Starley, James 6:31
starlight, aberration
of 4:30
Starling, Ernest 7:22
stars 6:*27*; 7:18, *32*, *33*;
10:7, 30, *30*, 31
almanac 3:7
apparent magnitude
7:32
binary 4:10; 7:11; 8:7;
10:38
catalogs 1:34; 2:20, 21,
48, 49; 3:21, 51, 4:26, 39,
47, 48; 5:49; 6:23, 7:7
Chinese charts 2:28, *28*
classification 6:23, 7:22,
30, 32; 8:38, 10:49
constellations 1:34,
2:*39*
creation of 5:23
determining position
1:40
distances 5:43; 7:34
flare star 8:10; 10:49
locations 10:18
mass-luminosity
relationship 8:10
motions of 4:27, 43,
10:49
nearest to Sun 7:39
neutron 8:*23*, *23*
occlusion 3:31
positions of 3:27
receding 6:27
spectra 6:31, 7:32
stellar associations 8:42
variable 3:42, 48; 4:19;
5:10; 7:42, *42*, 48
white dwarfs 7:*32*, 33,
38; 10:49
see also galaxies,
pulsars, Sun, Universe
Stas, Jean Servais 6:26
Staudinger, Hermann 8:7
steamboats 5:19, 22
paddleboats 5:7, 11, 22,
22, 48
steam digester 4:18,
49–50
steam dredger 5:19
steam engines 4:22, 42,
44–5, 5:7, 8–9, *8–9*, 51
efficiency measurement
6:19
traction engines 5:17
steam locomotives 5:18,
23, *23*, 24, *24*, *31*, 34, *34*,
35, 50, 51; 6:7, 8, 30
air brakes 6:27, 51
articulated 6:23
geared 6:38
superheaters 7:18
vacuum brakes 6:51
steam-powered road
vehicles 5:10
steamships 6:8–9, 19,
46–7
steam turbine 2:20, 49,
4:6; 7:15, 18
stearic acid 5:31
steel 1:38–9, 2:28; 6:39
arc welder 7:43
crucible process 4:34
galvanizing 4:34
"high-speed" 7:19
open-hearth process
6:26
Wootz steel 2:*19*
Steenstrup, Johann 6:7
steering mechanisms,
road vehicles 5:27
Stefan, Josef 6:39
Stein, William 9:6
Steinman, David 7:42
stelae 2:9, *12*, 24

Tull, Jethro 4:23, *23*, 31; 5:16
Tully, R. Brent 10:13
Tulp, Nicolaas 4:7, *7*
tungsten 4:51; 7:*16*
Tunguska event 7:31, *31*
tunneling shield 5:26
tunnels 1:46; 2:6, 48; 6:7
  Channel Tunnel 10:20, 26, *26–7*
  Chesapeake Bay 9:21
  Mont Blanc (road) 9:26
  railroad 10:14
  road 10:42
  St. Gotthard 9:40; 10:8
  Simplon 7 26
  under Euphrates River 1:35
Tupolev, Andrei 9:26
turbines
  multistage steam 6:43
  reaction turbine 6:11, *11*, 12, *12*
  water 5:34; 6:12–13, 31
Turck, Fred 10:13
Turing, Alan 8:27, 35, 45, 50–1*; 9:8
al-Tusi, Nasir al-Din 3:16
al-Tusi, Sharaf al-Din 3:7
Tutankhamen 1:38, *39*
Tuttle, Horace 6:23
Twiss, William 5:20
Twort, Frederick 7:38
Tyndall, John 6:23, 30, *30*; 10:36
typesetting machine 5:30
typewriters 4:27; 7:11, 9:15, 20
typhoid fever 4:11; 5:43; 6:39, 40, 43, 7:15, 8:*47*
typhus 5:43, 7:30; 8:19
tyrothricin 8:30

U

Ulloa, Antonio de 4:34
ultracentrifuge 8:11
ultrasound 7:39; 9:13
ultraviolet radiation 8:11
Ulugh Beg 3:21, 51*
umbrellas 1:34; 2:28
uncertainty principle 8:14, *15*
undulator 10:6
unified field theory 7:47; 8:18
uniformitarianism, theory of 5:10
United States (steamship) 9:9
universal joint 4:18, 48
Universe 4:8–9, *9*; 7:49
  big bang theory 8:14, 42, 48, 48–9; 9:19; 10:6, 47
  Earth-centered 2:7, 51
  infinite 3:41, 42, 47
  inflationary 10:6, 47
  light paradox 5:34, 50
  steady-state theory 8:42
  Sun-centered 3:36, 40–1, 47
  see also galaxies; planets, stars
upsilon particle 9:39
uranium 5:11, 35; 7:46, 50; 8:40; 10:39
  isotopes 8:26, 31, 40
uranium fission 8:30, 34, 40, *41*
Uranus 5:30, 49; 8:42
  moons 5:11, 49; 6:14, 49; 10:12, *12–13*, 30, 31
  rings of 9:38, *38*
  space probes 9:35; 10:12, 15
Urbain, Georges 7:27
Ure, Andrew 5:35
urea 5:35
urease 8:14
Urey, Harold 8 22, 51*
uric acid 4:51; 5:6
Usherwood, William 6:18

V

vaccination 5:14, *14*
  smallpox 4 23, 30
vaccines 6:41, 51; 7:6, 6, 15, 18, 26, 35; 8:18, 19; 10:6
  measles 9:13
  polio 9:6, 7, *7*, 13, *13*
  rubella 9:19
  synthetic 10:7
vacuum 2:10; 4:16–17
  sound in 4:11
  Torricellian 4:10, 51
vacuum (air) pump 4:11, 16, 16–17, *17*, 23, 46
vacuum bottle 7:11, 47
vacuum cleaners 7:22, *22*
vacuum evaporator 6:7
vacuum pump 7:16
vacuum tubes (valves) 6:47, 48; 10:10
  diode 7:13, 23, 46, 47
  pentode 7:46
  tetrode 7:46
  triode 7:26, 46, 47
Vail, Alfred 5:50; 6:25
valence 6:14, 19
valves
  controlling fluid flow 10:42
  see also vacuum tubes
van Alen, William 8:19
van Allen, James 9:15
van Beneden, Edouard 6:35
van de Graaff, Robert 8:19
van der Hulst, Hendrik 8:38
van der Waals, Johannes 6:35
van der Waerden, Bartel 8:18
van Drebbel, Cornelius 3:42
van Helmont, Jan 3:43
van House, James 10:15
vanillin 6:35
vanishing point 4:27, *27*
van Leeuwenhoek, Antonie 4:15, 18, 22, 49*; 6:40
van Marum, Martinus 5:36
Van Tassel, James 9:41
van't Hoff, Jacobus 6:35
vapor densities 6:31
Varian brothers 8:30, 33
Varmus, Harold 9:38
Varoli, Constanzo 3:37
Vaucanson, Jacques de 4:43
Vauquelin, Nicolas 5:14, 15, 19, 23
vectors, three dimensional 6:42
veins 2 7; 3:43
Veksler, Vladimir 8:38
vellum 2:42
Venn, John 6:43, *43*
Venter, J. Craig 10:40–1
Venus 1:47; 2:24; 8:22, *22*
  space probes 9:20, 26, 27, 32, 33, *34*, 35, 40, 41, *41*; 10:9, 20, *20–1*, 26, 43
  transit of 4:6, 39, 42
Vermuyden, Cornelius 4:10
Verne, Jules 5:48
Vernier, Pierre 4:6
Verrochio, Andrea del 3:32
Vesalius, Andreas 3:17, 36, *36*
Vespasian 2:26
video cassettes 9:41
video games 9:33
videotape recorder 9:14
Viète, François 3:10
viewdata service 9:41
Vigneaud, Vincent du 8:35; 9:7
Vikings 2:41, 44–5
Villard, Paul 7:19
Villemin, Jean 6:26
Vinci, Leonardo da 3:30, *30*, 32–3; 7:28; 8:28
Vinogradov, Ivan 8:27
Violle, Jules 6:35
Virchow, Rudolph 6:10, 18, *18*
viruses 6:41, *41*; 7:18; 10:50
  cancer-causing 7:31
  combining 8:39
  culturing 8:19
  Ebola 9:38; 10:24
  Sabia 10:24
  SARS 10:38, *38*
  synthetic 10:38
  see also computer viruses
viscosity 10:18
vitamins 7:15, 27, 34, 35, 38; 8:7, 19, 22, 23, 26, 27, 30, 35, 43; 9:12, 30, 48, 51
vitreous enamel 1:41
Vitruvius Pollio, Marcus 2:20, 36, 51*; 3:32
Viviani, Vincenzo 4:16, *27*, 51
Vogel, Hermann 7:11
Voigt, Woldemar 7:19
Voit, Karl von 7:11
Volta, Alessandro 5:7, 18, *18*, 48; 6:24; 7:8, 9, *9*
volumes, calculation of 2:20
vortex wheel 6:12
vote recorder 6:48
Vries, Hugo de 6:21; 7:7
Vuillemin, Paul 8:*21*
vulcanization 5:43, 6:7
Vulpian, Edme 6:19

W

Waage, Peter 6:23
Wachmann, Arno 8:14
Wade, Leigh 8:11
Wagner, Rudolf 6:15
Wagner Jauregg, Julius 7:42
Waksman, Selman 7:39; 8:*21*, 34, 38
Walcher, Prior 3:6
Wald, George 8:23
Walden, Paul 7:15
Waldeyer-Hartz, Wilhelm von 7:7
Walker, John 5:34
Wallace, Alfred Russel 5 45
Waller, Fred 9:9
Wallis, Barnes 8:19
Wallis, John 4:11, 14
wall quadrant 2:41
Wallwork, John 10:13
Walsh, Donald 9:20
Walshaert, Égide 6:7
Walton, David 10:12
Walton, Ernest 8:8, *8*, 22, 40, *40*
Wang, An 9:9
Wang Chen 3:17, 28
Wang Ch'ung 2:20; 3:18
Wang Tao 2:35
Wan Hu 3:31
Wankel, Felix 6:45; 8:18, *18*; 9:14
Warburg, Otto 8:10
Warren, David 9:14
Warren, Henry 7:39
warships 6:19, *22*, 7:27, *27*; 9:32
Washkansky, Louis 9:46
Wassermann, August von 7:26
watches 3:22–3; 4:*18*; 7:26
  automatic winding 4:43
  copper-zinc alloy 4:30
  hairspring 4:11, 18, 48
  lever escapement 4:38
  repeating 3:23; 4:18
  self-winding 8:11
water 4:39, 49; 5:10, 46–7
  filtration 7:11
water clocks 1:40, *40*, 48; 2:29, 35, 40, 47, 3:6, 22
  astronomical 2:*30*
watermills 2:20; 4.51
  floating 2:34
water pipes 1.27
water power 2:36–7
waterproof fabric 5:31
waterwheels 1:21, 2:36, 4:38, 50
  breastshot 2:36
  horizontal 2:20, 36
  norias 2:*36–7*, 37
  overshot 2:28, 36, 37, *37*; 6:*12*
  pitchback 2:36
  undershot 2:15, 36, 37, *37*, 51; 3:*17*
Watson, James 9:6, 10–11, *10*; 10:19, 40, 51*
Watson, John 7:38, 43; 8:11
Watson, Thomas 6:46
Watson Watt, Robert 7:43, 8:26, 32
Watt, James 4:42, 44, 45, 49, 51; 5:7, 8–9, 20, 48, 51; 6:8
wave-particle duality 8:10, 46, 50
weather satellites 9:20
weaving 1:19, *19*; 3:37
Weber, Wilhelm 5:38, 6:25
Wedgwood, Thomas 5:32
Weiditz, Hans 3:36
weights 1:27, 44–5, 51; 2:40; 3:20, 30
Weimer, Paul 9:21
Weinberg, Steven 9:25
Weinberg, Wilhelm 7 30
Weismann, August 7:7
Weiss, E. 6:31
Weiss, Pierre 7:27
Weizmann, Chaim 7:34
Weizsäcker, Carl von 8:38
Welch, William 7:11
welding, iron 1:40
Weller, Thomas 9:19
Wells, Horace 6:7
Wenham, Francis 6:31
Wenner-Gren, Axel 9:8
Werner, Abraham 5:6
Wessel, Caspar 5:15
Wesson, Daniel 5:41; 6:15
Western Union Telegraph Company 6.25
Westinghouse, George 6:27, 48, 51*; 7:51
Weston, Edward 7:9, 30
Westphal, Carl 6:34
wheat
  durum wheat 1:11, 17
  einkorn wheat 1:10, *16*, 16–17
  emmer wheat 1:10, *16*, 17, 18
  hexaploid 1:*16*
  wild 1:*16*
Wheatstone, Charles 5:38, 42, 50; 6:25
wheelbarrows 1:20; 2:21, *30*
wheeled toys 1:21, *21*, 35
Wheeler, Artemus 5:41
Wheeler, John 8:40
wheels 1:20–1, 26, 47, 51
  potter's 1:20, *20*, 26, 50, 51
  spoked 1:35, 47, 51
Whinfield, John 8:24, 34
Whipple, Fred 8:43, *43*
Whipple, George 8:10, 11
whiskey distillery 3:17
Whistler, Daniel 4:10
White, Gilbert 5:11, *11*
White, Rollin 5:41
White, Tim 10:24
white blood cells 6:27
Whitehead, Robert 6:26, 29
Whitney, Eli 5:14, *14*, 47, 51*
Whittle, Frank 8:18, 34, 51*
Whitworth, Joseph 6:6
Widmanstatten, Alois 5:23
Wieland, Heinrich 7:34
Wiener, Norbert 8:42
Wildt, Rupert 8:26
Wiles, Andrew 10:24
Wilkes, Maurice 8:43
Wilkins, Maurice 9:6, 10, 11
Wilkins, Robert 9:6
Wilkinson, David 5:18
Wilkinson, John 4:43, 5:6, 11
Willadsen, Steen 10:12, 32
Willard, Huntington 10:30
Willcocks, William 7:23
William of Moerbeke 3:17
William of Ockham 3:47
Williams, Daniel 7:14
Williams, Frederick 8:39
Williams, Robert 8:23, 27
Williams, Roger 8:23
Willis, Thomas 4:11, 14
Willstatter, Richard 7:26
Wilmut, Ian 10:30, 32, 33, *33*
Wilsdorf, Hans 7:26
Wilson, C. T. R. 7:34; 8:8
Wilson, Edmund 7:26
Wilson, Robert 8:48, 9:19, *19*, 25
Wilson, Woodrow 8:6
winch 3:*13*
Windaus, Adolf 8:19, 22
windmills 2.34, 3:7, 8–9, 20; 4:51
  bonnet mills 3:*26–7*, 27
  post mills 3:9
wind tunnel 6:31; 7:51
wine 1:18, 26, 34, 51
  medicinal 2 46
Winkel, Dietrich 5:26
Winkler, Clemens 6:32; 7:6
Winogradsky, Sergey 7:10
Winstanley, Henry 4:22, 23
Winthrop, John 4:42
wire rope making machine 6:6
Wirsung, Johann 4:7
Wirth, Niklaus 4:50; 9:32
Withering, William 5:10
Witt, Gustav 7:19
Wohler, Friedrich 5:35
Wolf, Charles 6:27
Wolf, Max 6:43; 7:11, 27; 8:7, *7*
Wolf, Rudolf 6:7
Wollaston, William 5:18, 23, 26
Wood, Jethro 5:16, 27
Wood, Robert 7:18
woodblock printing 2:35, *35*, 43, *43*
Woodward, John 4:23
Woodward, Robert 8:38, 9:13, 18, 25, 30, 51*; 10:48
wool carding 4:34
Worde, Wynkyn de 3:31
word processing 9:41
World Health Organization (WHO) 8:43
World's Columbian Exhibition 6:17
World Trade Center 9:32; 10:42
World Wide Web 10:11, 21, 44–5
wounds, treatment of 3:17
Wozniak, Stephen 9:40
Wright, Almroth 7:15; 8:47
Wright brothers 5:47, 7:23, 28, 29, *29*, 49, 51*
writing 1.24–5
  Chinese 1:24
  cuneiform 1:24, 26, 46, 51
writing materials 2:30, 42
Wu, Maw-Kuen 10:22
Wundt, Wilhelm 6:34
Wurtz-Fittig reaction 6:30
Wu Tse 2:34
Wyatt, John 4:34

X

X chromatin 9:18
xenon 7:18, 51; 9:18, 10:43
Xenophanes 2:6
xerography 8:27, *27*, 46
Xiao Wen 2:29
X-ray crystallography 7 34, 38
X-rays 7:14, *14*, 18, 19, 22, 35, 50; 8:11, 14
  extraterrestrial 9:19; 10:19, 51
X-ray tubes 7:35, *35*
xylocaine 8.35

Y

yaks, domestication 1:27
Yale, Linus 6:26
Yalow, Rosalyn 9:6
Yamasaki, Minoru 9:32
yams, cultivation 1:26
Yang Liwei 10:42
Yanofsky, Charles 9:24
Yeager, Charles "Chuck" 8:42, *42*
Yeager, Jeana 10:15
year, length of 2:41, 46, 49
yeast 5:43, *43*
yellow fever 7:19; 8:18
Yersin, Alexandre 7:10
Yi-Xing 2:35; 3:22
Yoichiro Nambu 9:24
Yoshiro Nakamatsu 9:8
Young, Charles 6:30
Young, Thomas 4:29, 48; 5:18
ytterbium 5:14
yttrium 5:14
Yu Hsi 2:29

Z

Zadeh, Lotfi 9:26
Zamecnik, Paul 9:12
al Zarqali (Arzachel) 3:6, 7, 51*
zebu, domestication 1:50
Zedé, Gustave 6:28
Zeeff, Jon 10:27
Zeeman, Pieter 7:15; 8.50
Zeidler, Othmar 6:34
Zelandino, Guglielmo 3:20
Zener, Clarence 9:14
Zeno of Elea 2:6, 6, 51*
Zeppelin, Graf Ferdinand von 7:19, 24–5, 25
Zermelo, Ernst 7:30
Zernicke, Frits 8.22
zero 2:24, 32, 35, 40, 47; 3:12
Zhang Heng 2:*20*, 21
Zheng Yin 2:40
Zhou Kung 3:17
Zhu Di 3:38
Ziegler, Karl 9:7, 13
ziggurats 1 32, 35, 51
zinc production 4:34
Zinjanthropus boisei 9:49
Zinn, Walter 9:6
Zinsser, Hans 8:19
zirconium 5:11
Zoll, Paul 9:18, 10:51*
Zu Chong Zhi 2:29
Zuse, Konrad 8:30, 34
Zwicky, Fritz 8:22, 23, *23*
Zworykin, Vladimir 8:10, 12, 13, *13*, 51*; 9:14
zymase 7:23

FURTHER READING قراءات إضافية

Press, 2002.

Webster's Biographical Dictionary, G. & C. Merriam, 1971.

What Happened When?, HarperCollins, 1994.

Whitfield, P., *Landmarks in Western Science*, The British Library, 1999.

Williams, T. I. (ed.), *A Biographical Dictionary of Scientists*, Adam & Charles Black, 1974.

Williams, T. I., *A History of Invention*, Time Warner Books, 2003.

خاصة بهذا المجلد
Specific to this Volume

Burrell, R., *First Ancient History*, Oxford University Press, 1997.

James, P., and N. Thorpe, *Ancient Inventions*, Michael O'Mara Books, 1999.

Landels, J. G., *Engineering in the Ancient World*, Constable, 2000.

مراجع للمصطلحات
Terminology Reference

Clark, J. O. E., and S. Stiegler (eds.), *The Facts on File Dictionary of Earth Science*, Checkmark Books, 2000.

Daintith, J. (ed.), *A Dictionary of Chemistry*, Oxford University Press, 2000.

Daintith J., and J. Clark (eds.), *The Facts on File Dictionary of Mathematics*, Facts on File, 1999.

Darton, M., and J. Clark, *The Macmillan Dictionary of Measurement*, Macmillan, 1994.

Illingworth, V. (ed.), *Collins Dictionary of Astronomy*, HarperCollins, 1994.

Waites, G., *The Cassell Dictionary of Biology*, Cassell, 1999.

Harrison, I., *The Book of Inventions*, Cassell, 2004.

Hoskin, M. (ed.), *The Cambridge Concise History of Astronomy*, Cambridge University Press, 1999.

The Hutchinson Dictionary of Scientific Biography, Helicon, 2000.

The Inventions that Changed the World, Reader's Digest, 1982.

McLeish, J., *Number*, Bloomsbury, 1991.

Margotta, R., *The History of Medicine*, Octopus, 1996.

Meadows, J., *The Great Scientists*, Oxford University Press, 1997.

Messadié, G., *Great Inventions through History*, Chambers, 1991.

Messadié, G., *Great Scientific Discoveries*, Chambers, 1991.

Millar, D., et al., *The Cambridge Dictionary of Scientists*, Cambridge University Press, 1996.

Muir, H. (ed.), *Larousse Dictionary of Scientists*, Larousse, 1994.

Parry, M. (ed.), *Chambers Biographical Dictionary*, Chambers, 1997.

Philip's Astronomy Encyclopedia, George Philip Limited, 2002.

Philip's Science & Technology Encyclopedia, George Philip Limited, 1998.

Philip's Science & Technology People, Dates & Events, George Philip Limited, 1999.Porter, R., *The Greatest Benefit to Mankind*, HarperCollins, 1997.

Silver, B. L., *The Ascent of Science*, Oxford University Press, 1998.

Tallack, P (ed.), *The Science Book*, Cassell, 2001.

Trefil, J., *Cassell's Laws of Nature*, Cassell, 2002.

Waller, J., *Fabulous Science*, Oxford University

عامـة
General

Allaby, M., and D. Gjersten, *Makers of Science*, Oxford University Press, 2002.

Asimov, A., *Asimov's Biographical Encyclopedia of Science and Technology*, Avon Books, 1972.

Boorstin, D. J., *The Discoverers*, Random House, 1983.

Boyles, D., *The Tyranny of Numbers*, HarperCollins, 2000.

Bunch, B., and A. Hellemans, *The Timetables of Science*, Simon and Schuster, 1988.

Bunch, B., and A. Hellemans, *The Timetables of Technology*, Simon and Schuster, 1993.

Carey, J. (ed.), *The Faber Book of Science*, Faber and Faber, 1995.

Crystal, D. (ed.), *The Cambridge Biographical Dictionary*, Cambridge University Press, 2000.

Daintith, J. (ed.), *A Dictionary of Scientists*, Oxford University Press, 1999.

Day, L., and I. McNeil (eds.), *Biographical Dictionary of the History of Technology*, Routledge, 1998.

Diamond, J., *Guns, Germs and Steel*, Vintage, 1998.

The Dictionary of National Biography, Oxford University Press, 1982.

Dyson, J., and R. Uhlig, (ed.), *A History of Great Inventions*, Robinson, 2002.

le Fanu, J., *The Rise and Fall of Modern Medicine*, Little, Brown and Company, 1999.

Giscard d'Estaing, V-A., *The Book of Inventions and Discoveries*, Macdonald Queen Anne Press, 1990.

Gribbin, J., *Science, A History*, BCA, 2002.

USEFUL WEB SITES مواقع مفيدة على الويب (الشبكة العنكبوتية)

http://www.atomicmuseum.com/
Web site of the National Atomic Museum (soon to be renamed the National Museum of Nuclear Science and History), Albuquerque, New Mexico.

http://www.howstuffworks.com
A comprehensive Web site that gives detailed explanations of how everything around us actually works.

http://www.mhs.ox.ac.uk/
Web site of Oxford University's Museum of the History of Science.

/http://www.nasa.gov

Official Web site of the National Aeronautics and Space Administration (NASA) with links to learning resources and information for students, and full details of all missions.

http://www.nasm.si.edu/
Web site of the Smithsonian National Air and Space Museum, Washington, D.C.

http://www.nscdiscovery.org/
Web site of the National Science Center, Augusta, Georgia.

http://nobelprize.org/
Official Web site of the internatonal Nobel Prize awards given annually since 1901 for achievements in physics, chemistry, medicine, literature, and for peace. Click on "list of all prizewinners" and then on individual links to read about award-winning achievements.

http://www.psigate.ac.uk/
Physical Sciences Information Gateway provides access to Web resources in the physical sciences, including astronomy, chemistry, earth sciences, materials sciences, physics, and general science.

http://whyfiles.org/
University of Wisconsin Web site that explains the science behind the news.

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

KFAS
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

المؤسسة في سطور

- أنشئت مؤسسة الكويت للتقدم العلمي (مؤسسة خاصة ذات نفع عام) بموجب مرسوم أميري صدر في 21 ذي الحجة 1396 هـ الموافق 12 ديسمبر 1976م.
- يدير المؤسسة مجلس إدارة يرأسه حضرة صاحب السمو أمير البلاد (حفظه الله) ويضم ستة أعضاء آخرين.
- تعتبر المؤسسة من بين هيئات النفع العام وتتلقى الدعم من الشركات المساهمة الكويتية من صافي الأرباح السنوية لهذه الشركات.
- الهدف العام للمؤسسة هو المعاونة في سبيل التطور العلمي والحضاري.



أهداف المؤسسة

- دعم الأبحاث الأساسية والتطبيقية من خلال منح تقدمها في مجالات العلوم الطبيعية والهندسية والصحية والغذائية والاجتماعية والاقتصادية وغيرها.
- تقديم المنح لتشجيع ودعم الأبحاث المتعلقة بالمشاريع وأعمال التطوير والتجارب ذات الصلة بالاقتصاد الكويتي.
- تقديم المنح والجوائز والمكافآت لدعم التطور الفكري في الكويت والأقطار العربية الأخرى.
- العمل على تدريب المواطنين الكويتيين من خلال منحهم بعثات وزمالات بغرض الدراسة والتدريب وكذلك إقامة الندوات والمؤتمرات العلمية.
- تشجيع ودعم وتنمية مشاريع البحوث والبرامج العلمية المشتركة بين الهيئات العلمية الكويتية من جهة والعربية والدولية من جهة أخرى.

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

ص.ب 25263 الصفاة 13113 الكويت

E-mail:author@kfas.org.kw

www.kfas.org